

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000234558 A**(43) Date of publication of application: **29.08.00**

(51) Int. Cl. **F02D 45/00**  
**F02D 41/14**  
**F02D 41/38**  
**F02D 41/40**  
**F02D 43/00**

(21) Application number: **11034107**(22) Date of filing: **12.02.99**(71) Applicant: **DENSO CORP**

(72) Inventor: **KOJIMA DAISUKE**  
**KUBOSHIMA TSUKASA**  
**KOBAYASHI KAZUO**  
**NAKAMURA KANEHITO**

(54) **IGNITION TIMING DETECTING DEVICE FOR  
INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

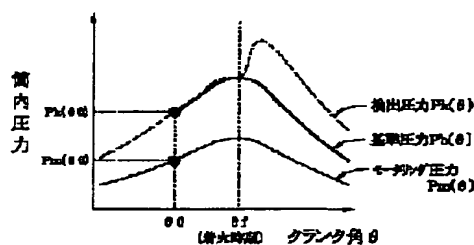
## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To calculate reference pressure (compression pressure of inner-cylinder air except for the pressure rise due to combustion) according to operation conditions during engine operation, and accurately detect an ignition timing based on the reference pressure and detected value of inner-cylinder pressure.

**SOLUTION:** This device detects waveform of inner-cylinder pressure (motoring pressure)  $P_m$  of one cycle at the time of cutting fuel and stores it in a memory. A ratio between a reference pressure  $P_b$  (compression pressure of inner-cylinder air except for the pressure rise due to combustion) under the present engine operation condition and the motoring pressure  $P_m$  is obtained during engine operation, by comparing pressure  $P_k$  detected by the inner cylinder pressure sensor at a crank angle  $\theta_0$  before ignition to the motoring pressure  $P_m$ . At the crank angle after the angle  $\theta_0$ , the motoring pressure  $P_m$  read from the memory is multiplied by the pressure ratio, so

as to calculate the reference pressure  $P_b$ . When the difference between the detected pressure  $P_k$  and the reference pressure  $P_b$  exceeds the ignition determination value, the ignition timing  $\theta_{\text{ign}}$  is determined.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-234558

(P2000-234558A)

(43)公開日 平成12年8月29日(2000.8.29)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)	
F 0 2 D 45/00	3 6 8	F 0 2 D 45/00	3 6 8 Z	3 G 0 8 4
			3 6 8 S	3 G 3 0 1
41/14	3 3 0	41/14	3 3 0 C	
41/38		41/38	B	
41/40		41/40	F	
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 14 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号	特願平11-34107	(71)出願人	000004260 株式会社デンソー 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(22)出願日	平成11年2月12日(1999.2.12)	(72)発明者	小島 大輔 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		(72)発明者	窪島 司 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		(74)代理人	100098420 弁理士 加古 宗男

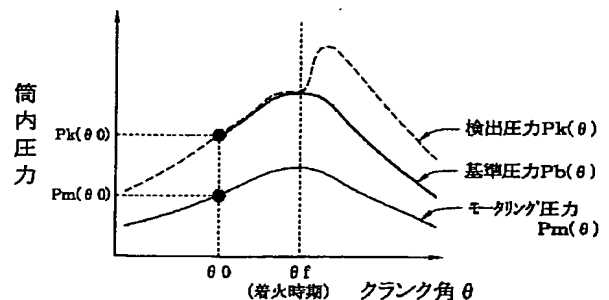
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 内燃機関の着火時期検出装置

(57)【要約】

【課題】 エンジン運転中にエンジン運転条件に応じた基準圧力（燃焼による圧力上昇を除いた筒内空気の圧縮圧力）を算出して、この基準圧力を用いて筒内圧力の検出値から着火時期を精度良く検出できるようにする。

【解決手段】 燃料噴射カット時の1サイクル分の筒内圧力（モータリング圧力） $P_m$ の波形を筒内圧力センサで検出してメモリに記憶しておく。エンジン運転中に、着火前のクランク角 $\theta_0$ で筒内圧力センサの検出圧力 $P_k$ とモータリング圧力 $P_m$ との圧力比を求めることで、現在のエンジン運転条件における基準圧力 $P_b$ （燃焼による圧力上昇を除いた筒内空気の圧縮圧力）とモータリング圧力 $P_m$ との圧力比を求める。クランク角 $\theta_0$ 以降のクランク角で、メモリから読み出したモータリング圧力 $P_m$ に圧力比を乗算して基準圧力 $P_b$ を算出し、検出圧力 $P_k$ と基準圧力 $P_b$ との差圧が着火判定値を越えた時を着火時期 $\theta_f$ と判定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 内燃機関の筒内圧力を筒内圧力検出手段で検出し、その検出値に基づいて着火時期を検出する内燃機関の着火時期検出装置において、

前記筒内圧力検出手段で過去に検出された非燃焼時の筒内圧力（以下「モータリング圧力」という）に基づいて、燃焼による圧力上昇を除いた現在の筒内空気の圧力（以下「基準圧力」という）を算出する基準圧力算出手段と、

前記筒内圧力検出手段で検出した現在の筒内圧力（以下「検出圧力」という）と前記基準圧力とを比較して着火時期を検出する着火時期検出手段とを備えていることを特徴とする内燃機関の着火時期検出装置。

【請求項 2】 前記筒内圧力検出手段は、燃料噴射カット時の筒内圧力を前記モータリング圧力として検出することを特徴とする請求項 1 に記載の内燃機関の着火時期検出装置。

【請求項 3】 前記基準圧力算出手段は、前記検出圧力と前記モータリング圧力との圧力比から求めた係数を前記モータリング圧力に乗算して前記基準圧力を算出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の内燃機関の着火時期検出装置。

【請求項 4】 前記基準圧力算出手段は、前記圧力比を燃料着火前の少なくとも一点のクランク角で算出することを特徴とする請求項 3 に記載の内燃機関の着火時期検出装置。

【請求項 5】 前記筒内圧力検出手段により複数のクランク角で検出した複数の検出圧力に基づいて前記筒内圧力検出手段の出力特性のオフセット誤差を算出し、このオフセット誤差の分だけ前記筒内圧力検出手段の出力特性を補正するオフセット誤差補正手段を備えていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の内燃機関の着火時期検出装置。

【請求項 6】 燃料噴射カット毎に所定条件下で前記筒内圧力検出手段により前記モータリング圧力を検出して該モータリング圧力の記憶値を更新するモータリング圧力更新手段を備えていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の内燃機関の着火時期検出装置。

【請求項 7】 前記筒内圧力検出手段により少なくとも一点のクランク角で検出した前記モータリング圧力をその標準値と比較することで前記筒内圧力検出手段の出力特性のゲイン誤差を求め、このゲイン誤差の分だけ前記筒内圧力検出手段の出力特性を補正するゲイン誤差補正手段を備えていることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の内燃機関の着火時期検出装置。

【請求項 8】 前記着火時期検出手段は、前記検出圧力と前記基準圧力との差圧が着火判定値を越えた時を着火時期と判定することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の内燃機関の着火時期検出装置。

【請求項 9】 前記着火時期検出手段は、前記検出圧力

と前記基準圧力との差圧を所定期間毎に算出し、前記着火判定値を越えた、連続する少なくとも 2 点の差圧を結ぶ特性線を求め、この特性線の延長線が前記着火判定値を越える時を着火時期と判定することを特徴とする請求項 8 に記載の内燃機関の着火時期検出装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、内燃機関（エンジン）の筒内圧力を検出し、その検出圧力から着火時期を検出する内燃機関の着火時期検出装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】エンジンの着火時期は、エンジン出力、燃費及びエミッションに直接影響を与える制御パラメータである。一般に、着火時期は、エンジン運転条件、環境条件、燃料噴射系の経時変化等によって変化し、特に、ディーゼルエンジンでは、混合気を高圧縮して自己着火させるため、着火時期が変化しやすい傾向がある。従って、エンジン出力、燃費及びエミッションを向上するには、着火時期を制御する必要がある。

【0003】そこで、ディーゼルエンジンでは、特開平 9-68081 号公報に示すように筒内圧力センサにより筒内圧力を検出し、この筒内圧力に基づいて燃焼（着火）による圧力上昇を検出することで、実際の着火時期を検出し、この着火時期を目標着火時期と一致させるように燃料噴射時期をフィードバック制御する技術が検討されている。

【0004】しかし、ディーゼルエンジンは、圧縮比が大きく、筒内に多量の空気を吸入するため、筒内空気の圧縮圧力（以下「基準圧力」という）が燃焼による圧力上昇に比べて相対的に大きくなる。このため、筒内圧力の検出値から基準圧力を除去しないと、燃焼による圧力上昇を精度良く検出することができない。

【0005】そこで、上記公報のものは、予め各クランク角での基準圧力を計算により求めてマップ等で記憶しておき、検出した筒内圧力から基準圧力を減算して基準圧力の影響を排除した燃焼圧力（燃焼による圧力上昇）を求め、この燃焼圧力が着火判定値を越えた時を着火時期と判定するようにしている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、基準圧力は一定ではなくエンジン運転条件等により変化し、特に過給機付きのエンジンではその変化が大きくなる傾向がある。従って、上記公報の技術において、正確な燃焼圧力を求めるには、検出した筒内圧力からその時のエンジン運転条件に応じた基準圧力を減算する必要がある。このため、予めエンジン運転条件毎に各クランク角での基準圧力を計算してマップ等で記憶しておく必要がある。しかし、刻々と変化する全てのエンジン運転条件に対して、その全ての基準圧力を予め計算で求めて記憶してお

くことは事実上困難である。しかも、全てのエンジン運転条件の基準圧力に関する膨大なデータを記憶しておく必要があり、大容量のメモリが必要になってコストアップする欠点もある。

【0007】本発明はこのような事情を考慮してなされたものであり、従ってその目的は、エンジン運転条件毎の基準圧力を予め計算してマップ等で記憶しておかなくても、エンジン運転中にエンジン運転条件に応じた基準圧力を簡単に求めることができ、この基準圧力を用いて筒内圧力の検出値から着火時期を精度良く検出することができる内燃機関の着火時期検出装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の請求項1の内燃機関の着火時期検出装置は、筒内圧力検出手段で過去に検出された非燃焼時の筒内圧力（以下「モータリング圧力」という）に基づいて、燃焼による圧力上昇を除いた現在の筒内空気圧力（以下「基準圧力」という）を基準圧力算出手段で算出し、筒内圧力検出手段で検出した現在の筒内圧力（以下「検出圧力」という）と基準圧力とを比較して、着火時期検出手段によって着火時期を検出する。

【0009】この場合、モータリング圧力は、あるエンジン運転条件における非燃焼時の筒内圧力、つまり燃焼による圧力上昇を除いた筒内空気の圧縮圧力である。従って、モータリング圧力は、それを検出した時のエンジン運転条件における基準圧力に相当することから、モータリング圧力検出時のエンジン運転条件と現在のエンジン運転条件との関係から、モータリング圧力をベースデータとして現在のエンジン運転条件における基準圧力を算出することができる。このため、本発明では、エンジン運転条件毎の基準圧力を予め計算してマップ等で記憶しておかなくても、エンジン運転中にその時のエンジン運転条件に応じた基準圧力を簡単に算出することができる。この基準圧力と検出圧力との比較から着火時期を精度良く検出することができる。しかも、エンジン運転条件毎の基準圧力に関する膨大なデータを記憶しておく必要がないため、大容量のメモリを必要とせず、その分、低コスト化できる。更に、基準圧力を算出する際のベースデータとなるモータリング圧力は、エンジン運転中に筒内圧力検出手段で検出するので、個々のエンジンの個体差によるモータリング圧力特性の違いにも対処できる。

【0010】ここで、車両減速時や高回転時等に実施される燃料噴射カットは、筒内が非燃焼状態となるため、請求項2のように、筒内圧力検出手段によって燃料噴射カット時の筒内圧力をモータリング圧力として検出するようにすると良い。このようにすれば、エンジン運転中にモータリング圧力の検出のための非燃焼状態をわざわざ作り出す必要がなく、運転性を損なわずに、車両減速

時等の燃料噴射カットを利用してモータリング圧力を検出することができる。

【0011】また、請求項3のように、検出圧力とモータリング圧力との圧力比から求めた係数をモータリング圧力に乗算して基準圧力を算出するようにすると良い。つまり、モータリング圧力は、モータリング圧力検出時のエンジン運転条件における検出圧力（＝モータリング圧力検出時の基準圧力）であることから、現在のエンジン運転条件における検出圧力とモータリング圧力（モータリング圧力検出時の検出圧力）との圧力比は、現在のエンジン運転条件における基準圧力とモータリング圧力検出時の基準圧力との圧力比を推定する有力なパラメータとなる。従って、この圧力比から求めた係数をモータリング圧力（＝モータリング圧力検出時の基準圧力）に乗算すれば、現在のエンジン運転条件における基準圧力を簡単に算出することができる。

【0012】この場合、請求項4のように、検出圧力とモータリング圧力との圧力比を燃料着火前の少なくとも一点のクランク角において算出するようにすると良い。図2に示すように、燃料着火前であれば、燃焼による筒内圧力の上昇が生じないため、検出圧力と基準圧力とがほぼ一致する。従って、燃料着火前に圧力比を算出すれば、燃焼による圧力上昇の影響を全く受けない圧力比を算出することができ、燃料着火後のクランク角でも基準圧力を精度良く算出することができる。

【0013】ところで、筒内圧力検出手段として用いられる筒内圧力センサは、温度等の使用条件によって出力特性にオフセット誤差が生じることがあり、これが着火時期の検出精度を低下させる原因となる。

【0014】この対策として、請求項5のように、筒内圧力検出手段により複数のクランク角で検出した複数の検出圧力に基づいて筒内圧力検出手段の出力特性のオフセット誤差を算出し、このオフセット誤差の分だけ筒内圧力検出手段の出力特性を補正するようにしても良い。このようにすれば、たとえ、筒内圧力検出手段の出力特性にオフセット誤差が生じたとしても、筒内圧力検出手段の出力からオフセット誤差を排除した補正值を用いて着火時期を精度良く検出することができる。

【0015】また、請求項6のように、燃料噴射カット毎に所定条件下で筒内圧力検出手段によりモータリング圧力を検出して該モータリング圧力の記憶値を更新するようにすると良い。このようにすれば、内燃機関の特性や筒内圧力検出手段の出力特性が経時変化したとしても、その経時変化に応じて更新した最新のモータリング圧力に基づいて基準圧力を精度良く算出することができ、経時変化による着火時期の検出精度の低下を防ぐことができる。

【0016】また、筒内圧力検出手段の出力特性は、使用条件、経時変化等により圧力変化に対するゲイン（出力感度）が変化することがある。この対策として、請求

項7のように、筒内圧力検出手段により少なくとも一点のクランク角で検出したモータリング圧力をその標準値と比較することで筒内圧力検出手段の出力特性のゲイン誤差を求め、このゲイン誤差の分だけ筒内圧力検出手段の出力を補正するようにしても良い。このようにすれば、筒内圧力検出手段の出力特性にゲイン誤差が生じたとしても、筒内圧力検出手段の出力からゲイン誤差を排除した補正値を用いて着火時期を精度良く検出することができる。

【0017】ところで、着火時期の検出方法は、例えば、検出圧力と基準圧力との比が着火判定値を越えた時を着火時期と判定するようにしても良いが、請求項8のように検出圧力と基準圧力との差圧が着火判定値を越えた時を着火時期と判定するようにしても良い。検出圧力と基準圧力との差圧は、燃焼による圧力上昇分に相当するため、差圧から着火時期を精度良く検出することができる。

【0018】ここで、検出圧力と基準圧力との差圧を所定のサンプリング間隔 $\Delta\theta$ 毎に算出するシステムでは、図6(a)に示すように、例えば、サンプリングタイミング角 $\theta f-1$ で差圧 $\Delta P(\theta f-1)$ を算出した直後に着火が起った場合、次のサンプリングタイミング角 $\theta f$ ( $=\theta f-1+\Delta\theta$ )で算出した差圧 $\Delta P(\theta f)$ が初めて着火判定値 $F$ を越えることになる。この場合、サンプリングタイミング角 $\theta f$ を着火時期と判定すると、着火時期の検出値と実際の着火時期との間にずれが生じる。このため、サンプリング間隔 $\Delta\theta$ を大きくすると、着火時期の検出誤差が大きくなり、かといって、サンプリング間隔 $\Delta\theta$ を小さくすると、CPU負荷が増大する。

【0019】この対策として、請求項9のように、検出圧力と基準圧力との差圧を所定期間毎に算出する場合、着火判定値を越えた、連続する少なくとも2点の差圧を結ぶ特性線を求め、この特性線の延長線が着火判定値を越える時を着火時期と判定するようにしても良い。図6(b)に示すように、例えば、差圧 $\Delta P$ が着火判定値 $F$ を越えた後に算出した差圧 $\Delta P(\theta f)$ と $\Delta P(\theta f+\Delta\theta)$ とを結ぶ直線を求め、この直線の延長線が着火判定値 $F$ と交差するクランク角 $\theta ff$ を着火時期と判定すれば、たとえ、サンプリング間隔 $\Delta\theta$ を大きくしても、実際の着火時期と着火時期の検出値とのずれ幅を小さくすることができ、着火時期を精度良く検出することができる。しかも、サンプリング間隔 $\Delta\theta$ を大きくできるため、CPU負荷も軽減できる。

【0020】

【発明の実施の形態】〔実施形態(1)〕以下、本発明を4気筒のディーゼルエンジンに適用した実施形態(1)を図1乃至図5に基づいて説明する。

【0021】まず、図1に基づいてエンジン制御システム全体の構成を説明する。内燃機関であるディーゼルエンジン11の各気筒には、電磁弁式の燃料噴射弁12が

取り付けられ、各燃料噴射弁12には、高圧ポンプ(図示せず)から高圧に畜圧された燃料がコモンレール13を通して分配される。このコモンレール13には、燃料噴射弁12に分配する燃料の圧力(コモンレール燃圧)を検出する燃圧センサ14が取り付けられている。また、ディーゼルエンジン11の1つの代表気筒には、筒内圧力を検出する筒内圧力センサ15(筒内圧力検出手段)が取り付けられている。

【0022】更に、エンジン11のクランク軸20の近傍には、所定クランク角毎にパルス信号を出力するクランク角センサ16が設置され、カム軸(図示せず)の近傍には、気筒判別センサ17が設置されている。また、アクセルペダル(図示せず)には、アクセルセンサ等の負荷センサ18が設けられている。

【0023】前述した各種センサの出力信号は、エンジン電子制御回路(以下「ECU」と表記する)19に入力される。このECU19は、マイクロコンピュータを主体として構成され、各種センサで検出したエンジン運転状態に基づいて燃料噴射量や燃料噴射時期を演算し、その演算結果に基づいて燃料噴射弁12を制御する。

【0024】更に、ECU19は、燃料噴射カット時に所定条件下で筒内圧力センサ15によって検出した非燃焼時の筒内圧力(モータリング圧力) $P_m$ に基づいて、燃焼による圧力上昇を除いた現在の筒内空気の圧縮圧力(基準圧力) $P_b$ を算出する基準圧力算出手段として機能すると共に、筒内圧力センサ15で検出した筒内圧力(検出圧力) $P_k$ と基準圧力 $P_b$ との差圧(燃焼による圧力上昇)に基づいて着火時期を検出する着火時期検出手段として機能する。そして、ECU19は、検出した着火時期を目標着火時期に一致させるように燃料噴射弁12の噴射時期をフィードバック制御する。

【0025】ここで、ECU19による着火時期の検出方法について説明する。図2に示すモータリング圧力 $P_m(\theta)$ の波形は、燃料噴射カット中に所定の運転条件が成立した時(例えばエンジン回転数が所定回転数 $N$ となった時)に、筒内圧力センサ15の出力を1サイクル(720℃A)分だけ読み込んで、ECU19内のバックアップRAM等の不揮発性メモリ(図示せず)に記憶したものである。このモータリング圧力 $P_m(\theta)$ の波形は、所定走行時間 $T_1$ (例えば100時間)経過毎に、燃料噴射カット中に所定の運転条件が成立した時に新たに検出し、記憶値を更新する。

【0026】また、検出圧力 $P_k(\theta)$ は、所定のサンプリング間隔 $\Delta\theta$ (例えば1℃A)毎に筒内圧力センサ15によって検出する。一方、基準圧力 $P_b(\theta)$ は、モータリング圧力 $P_m(\theta)$ と検出圧力 $P_k(\theta)$ とから次のようにして算出する。

【0027】燃料着火前における検出圧力 $P_k(\theta)$ は、燃焼による圧力上昇を含まないため、基準圧力 $P_b(\theta)$ とほぼ一致する。従って、着火前の圧縮行程に設

定された算出クランク角 $\theta 0$ における検出圧力 $P_k(\theta 0)$ とモータリング圧力 $P_m(\theta 0)$ との圧力比 $H$ を次式により算出すれば、燃焼による圧力上昇の影響を全く受けない圧力比 $H$ を算出することができる。

$$H = P_k(\theta 0) / P_m(\theta 0)$$

ここで、算出クランク角 $\theta 0$ は、圧力比 $H$ の算出精度を高めるために、できるだけ着火直前であることが好ましく、例えばBTDC10℃A(圧縮上死点前10℃A)に設定すると良い。また、着火前の一点のクランク角 $\theta 0$ のみで圧力比 $H$ を算出しても良いが、着火前の複数点のクランク角で圧力比 $H$ を算出し、複数の圧力比 $H$ の平均値を用いるようにしても良い。

【0028】この算出クランク角 $\theta 0$ 以降の各クランク角 $\theta$ 毎に、モータリング圧力 $P_m(\theta)$ に圧力比 $H$ を掛け合わせることで、各クランク角 $\theta$ における基準圧力 $P_b(\theta)$ を算出する。

$$P_b(\theta) = H \times P_m(\theta)$$

これにより、基準圧力 $P_b(\theta)$ を簡単に算出することができる。

【0029】図4に示すように、圧力比 $H$ を算出した算出クランク角 $\theta 0$ 以降のクランク角 $\theta$ において、所定のサンプリング間隔 $\Delta \theta$ 毎に、検出圧力 $P_k(\theta)$ と算出した基準圧力 $P_b(\theta)$ との差圧 $\Delta P(\theta)$ を次式により算出する。

$$\Delta P(\theta) = P_k(\theta) - P_b(\theta)$$

この差圧 $\Delta P(\theta)$ は、燃焼による圧力上昇分に相当するため、この差圧 $\Delta P(\theta)$ を着火判定値 $F$ と比較して、この差圧 $\Delta P(\theta)$ が着火判定値 $F$ を越えたクランク角 $\theta f$ を着火時期と判定する。これにより、検出圧力 $P_k(\theta)$ から燃焼による圧力上昇分のみを取り出して着火時期を精度良く検出できる。尚、着火判定値 $F$ は、検出誤差を考慮して例えば100kPaに設定すれば良い。

【0030】以上説明したECU19による着火時期の検出は、図5に示す着火時期検出プログラムにより実行される。本プログラムは、所定時間毎又は所定クランク角毎に実行され、筒内圧力センサ15が設けられた代表気筒の着火時期が検出される。本プログラムが起動されると、まず、ステップ101で、前回モータリング圧力 $P_m(\theta)$ の波形を更新してからの積算走行時間が、所定時間 $T1$ (例えば100時間)を越えたか否かを判定する。もし、積算走行時間が所定時間 $T1$ に達していなければ、モータリング圧力 $P_m(\theta)$ の波形を更新せず、そのままステップ105に進む。

【0031】一方、積算走行時間が所定時間 $T1$ を越えていれば、ステップ102に進み、燃料噴射カット中に所定の運転条件が成立した時(例えばエンジン回転数が所定回転数 $N$ となった時)に、1サイクル分だけ筒内圧力センサ15の出力をモータリング圧力 $P_m(\theta)$ として読み込み、ECU19の不揮発性メモリに記憶された

モータリング圧力 $P_m(\theta)$ の記憶データを更新する。この後、ステップ103で、更新したモータリング圧力 $P_m(\theta)$ のピーク圧 $P_{max}$ が所定値 $P_s$ よりも高いか否かを判定する。もし、ピーク圧 $P_{max}$ が所定値 $P_s$ 以下であれば、筒内圧力が異常低下していると判断して、ステップ104に進み、警告ランプ(図示せず)の点灯等により異常表示を行って筒内圧力の異常低下を運転者に知らせ、本プログラムを終了する。

【0032】これに対して、ステップ103で、ピーク圧 $P_{max}$ が所定値 $P_s$ よりも高いと判定された場合は、筒内圧力が正常であると判断して、ステップ105に進む。このステップ105では、ECU19の不揮発性メモリに記憶されたモータリング圧力 $P_m(\theta)$ の波形を読み出し、次のステップ106で、現在のクランク角 $\theta$ を算出クランク角 $\theta 0$ (例えばBTDC10℃A)と比較し、算出クランク角 $\theta 0$ に達するまで、ステップ106で待機する。その後、算出クランク角 $\theta 0$ に達した時点で、ステップ107に進み、算出クランク角 $\theta 0$ における検出圧力 $P_k(\theta 0)$ とモータリング圧力 $P_m(\theta 0)$ との圧力比 $H$ を次式により算出し、ステップ106に戻る。

$$H = P_k(\theta 0) / P_m(\theta 0)$$

【0033】この後、クランク角 $\theta$ が算出クランク角 $\theta 0$ を越えた時に、ステップ106からステップ108に進み、算出クランク角 $\theta 0$ 以降の各クランク角 $\theta$ 毎に、モータリング圧力 $P_m(\theta)$ に圧力比 $H$ を乗算して各クランク角 $\theta$ の基準圧力 $P_b(\theta)$ を次式により算出する。

$$P_b(\theta) = H \times P_m(\theta)$$

この基準圧力 $P_b(\theta)$ のデータは、本プログラムが終了するまでECU19内のRAM等のメモリに一時的に記憶しておく。

【0034】基準圧力 $P_b(\theta)$ の算出後、ステップ109に進み、算出クランク角 $\theta 0$ 以降のクランク角 $\theta$ (以降 $\theta x$ と表記する)における差圧 $\Delta P(\theta x)$ を次式により算出する。

$$\Delta P(\theta x) = P_k(\theta x) - P_b(\theta x)$$

【0035】この後、ステップ110に進み、差圧 $\Delta P(\theta x)$ が着火判定値 $F$ を越えたか否かを判定し、差圧 $\Delta P(\theta x)$ が着火判定値 $F$ 以下であれば、ステップ111に進み、現在のクランク角 $\theta x$ が着火検出終了クランク角 $\theta k$ を越えたか否かを判定する。この着火検出終了クランク角 $\theta k$ は、膨張行程終了付近のクランク角に設定されている。従って、正常に着火すれば、着火検出終了クランク角 $\theta k$ までに差圧 $\Delta P(\theta x)$ が着火判定値 $F$ を越える。

【0036】上記ステップ111で、クランク角 $\theta x$ が着火検出終了クランク角 $\theta k$ を越えたと判定されるまで、上述したステップ106→108→109→110の処理を繰り返して差圧 $\Delta P(\theta x)$ を着火判定値 $F$ と比較

する処理を繰り返し、ステップ110で、差圧 $\Delta P(\theta x)$ が着火判定値Fよりも大きいと判定された時点で、ステップ112に進み、着火と判定し、そのときのクランク角 $\theta f$ を着火時期と記憶して、本プログラムを終了する。

【0037】一方、ステップ110で、差圧 $\Delta P(\theta x)$ が着火判定値Fを越えたと判定されることなく、ステップ111でクランク角 $\theta x$ が着火検出終了クランク角 $\theta k$ を越えたと判定された場合は、失火と判断してステップ113に進み、失火表示して運転者に失火を知らせ、本プログラムを終了する。

【0038】ところで、図3に破線で示す従来例のように、例えばエンジン低負荷時に対応した基準圧力を予め計算して記憶しておき、この基準圧力を全てのエンジン運転条件に適用すると、エンジン高負荷時では、基準圧力が実際の基準圧力と大きく異なってしまい、着火時期を誤検出する可能性がある。この対策として、予めエンジン運転条件毎に基準圧力を計算してマップ等で記憶しておき、エンジン運転条件に応じた基準圧力をマップ等から求めるようにすれば、着火時期の検出精度を向上できるが、刻々と変化する全てのエンジン運転条件に対して、その全ての基準圧力を予め計算で求めて記憶しておくことは事実上困難である。しかも、エンジン運転条件毎の基準圧力に関する膨大なデータを記憶しておく必要があり、大容量のメモリが必要になってコストアップする欠点もある。

【0039】これに対し、本実施形態(1)では、図2に示すように、燃料着火前の算出クランク角 $\theta 0$ における検出圧力 $P_k(\theta 0)$ と、その時のエンジン運転条件の算出クランク角 $\theta 0$ における基準圧力 $P_b(\theta 0)$ とがほぼ一致する点に着目し、燃料着火前の算出クランク角 $\theta 0$ における検出圧力 $P_k(\theta 0)$ とモータリング圧力 $P_m(\theta 0)$ との圧力比Hを算出することで、現在のエンジン運転条件における基準圧力 $P_b$ とモータリング圧力 $P_m$ との圧力比Hを求め、算出クランク角 $\theta 0$ 以降の各クランク角 $\theta x$ 毎に、モータリング圧力 $P_m(\theta x)$ に圧力比Hを掛け合わせることで、各クランク角 $\theta x$ における基準圧力 $P_b(\theta x)$ を算出する。これにより、燃焼による圧力上昇の影響を全く受けない圧力比Hを用いて、燃料着火後のクランク角の基準圧力 $P_b(\theta x)$ を精度良く算出することができ、この基準圧力 $P_b(\theta x)$ と検出圧力 $P_k(\theta x)$ との差圧 $\Delta P(\theta x)$ から着火時期を精度良く検出することができる。しかも、従来のようにエンジン運転条件毎の基準圧力を予め計算してマップ等で記憶しておく必要がないため、大容量のメモリを必要とせず、その分、低コスト化できる。

【0040】また、上記実施形態(1)では、車両減速時等に実施される燃料噴射カット時に筒内圧力センサ15でモータリング圧力 $P_m$ を検出するので、個々のエンジンの個体差によるモータリング圧力特性の違いにも対

処することができ、エンジンの個体差による着火時期の検出精度のばらつきを少なくすることができる。しかも、モータリング圧力 $P_m$ を所定時間T1経過毎に更新するので、エンジン特性や筒内圧力センサ15の出力特性が経時変化したとしても、その経時変化に応じて更新したモータリング圧力 $P_m$ に基づいて基準圧力 $P_b$ を精度良く算出することができ、経時変化による着火時期の検出精度の低下を防ぐことができる。

【0041】尚、上記実施形態(1)では、モータリング圧力 $P_m$ を所定時間T1経過毎に更新するようにしたが、所定走行距離経過毎に更新するようにしても良い。また、筒内圧力センサ15は、燃料噴射弁12やグローブプラグ(図示せず)と一体型のものを用いるようにしても良い。

【0042】また、上記実施形態(1)では、筒内圧力センサ15が設けられた代表気筒について着火時期の検出を行うようにしたが、筒内圧力センサ15を全気筒に設けて、各気筒毎に図5の着火時期検出プログラムを実行して、各気筒毎に着火時期を検出するようにしても良い。

【0043】更に、上記実施形態(1)の着火時期の検出方法は、エンジン出力発生のためのメイン噴射に先立って行うパイロット噴射の着火時期の検出や、いわゆる「均一予混合燃焼システム」における圧縮行程前半での燃料噴射の着火時期の検出に適用しても良い。

【0044】[実施形態(2)]図6(a)に示すように、サンプリングタイミング角 $\theta f-1$ の直後に着火が起った場合、次のサンプリングタイミング角 $\theta f(=\theta f-1+\Delta\theta)$ になった時に初めて差圧 $\Delta P(\theta f)$ が着火判定値Fを越えたと判定される。この場合、サンプリングタイミング角 $\theta f$ を着火時期と判定すると、着火時期の検出値と実際の着火時期との間にずれが生じる。このため、サンプリング間隔 $\Delta\theta$ を大きくすると、着火時期の検出誤差が大きくなり、かといって、サンプリング間隔 $\Delta\theta$ を小さくすると、ECU19のCPU負荷が増大する。実際の着火時期のとのずれ幅が大きくなってしま

う。

【0045】このような事情を考慮して、本発明の実施形態(2)では、図6(b)に示すように、差圧 $\Delta P$ が着火判定値Fを越えた領域において、サンプリングタイミング角 $\theta f$ での差圧 $\Delta P(\theta f)$ と、その次のサンプリングタイミング角 $\theta f+\Delta\theta$ での差圧 $\Delta P(\theta f+\Delta\theta)$ とを結ぶ差圧上昇直線A(特性線)を求め、この差圧上昇直線Aの延長線と着火判定値Fとの交点のクランク角 $\theta ff$ を着火時期と判定する。これにより、たとえ、サンプリング間隔 $\Delta\theta$ を大きくしても、実際の着火時期と着火時期の検出値とのずれ幅を小さくすることができ、着火時期を精度良く検出することができる。しかも、サンプリング間隔 $\Delta\theta$ を大きくできるため、ECU19のCPU負荷も軽減できる。

【0046】以上のような着火時期の補正は、図7に示す着火時期補正プログラムにより実行される。本プログラムが起動されると、まず、ステップ201で、差圧 $\Delta P$ が着火判定値Fを越えたか否かを判定し、差圧 $\Delta P$ が着火判定値Fを越えた時に、次のステップ202に進み、サンプリングタイミング角 $\theta f$ での差圧 $\Delta P(\theta f)$ と、次のサンプリングタイミング角 $\theta f + \Delta \theta$ での差圧 $\Delta P(\theta f + \Delta \theta)$ を算出する。

【0047】この後、ステップ203に進み、差圧 $\Delta P(\theta f)$ と差圧 $\Delta P(\theta f + \Delta \theta)$ とを結ぶ差圧上昇直線Aを求め、この差圧上昇直線Aと着火判定値Fとの交点のクランク角 $\theta ff$ を求め、このクランク角 $\theta ff$ を着火時期と判定する(ステップ204)。

【0048】尚、上記実施形態(2)では、着火判定値Fを越えた、連続する2点のクランク角での差圧 $\Delta P$ から差圧上昇直線Aを求めるようにしたが、連続する3点以上のクランク角での差圧 $\Delta P$ から差圧上昇直線(又は差圧上昇曲線)を求めるようにしても良い。

10

$$\begin{aligned} P_t(\theta_1) \times \{V(\theta_1)\}^\gamma &= P_t(\theta_2) \times \{V(\theta_2)\}^\gamma \\ P_t(\theta_2) / P_t(\theta_1) &= \{V(\theta_1) / V(\theta_2)\}^\gamma \\ &= K \quad \dots\dots (3) \end{aligned}$$

ここで、 $V(\theta)$ は筒内容積、 $\gamma$ は比熱比、 $K$ は $V(\theta)$ と $\gamma$ から決まる定数である。

※【0052】上記(1)～(3)式を解くと、オフセット誤差 $b$ は次式により算出することができる。

$$b = 1 / (K - 1) \times \{K \times P_s(\theta_1) - P_s(\theta_2)\} \quad \dots\dots (4)$$

このオフセット誤差 $b$ を筒内圧力センサ15の出力から減算すれば、筒内圧力センサ15の出力のオフセット誤差を補正することができる。

【0053】また、筒内圧力センサ15の出力特性は、使用条件、経時変化等により圧力変化に対するゲイン(出力感度)が変化することがあり(図9参照)、これによっても着火時期の検出精度が低下する。このゲイン誤差は、次のようにして求めることができる。

【0054】ここで、ゲイン誤差を $a$ 、算出クランク角 $\theta_0$ におけるモータリング圧力の標準値を $P_{mt}(\theta_0)$ ★

$$a = P_{ms}(\theta_0) / P_{mt}(\theta_0) \quad \dots\dots (5)$$

このゲイン誤差 $a$ で筒内圧力センサ15の出力を割り算することで、筒内圧力センサ15の出力のゲイン誤差を補正することができる。尚、モータリング圧力の検出値 $P_{ms}(\theta_0)$ は、エンジン回転数等のエンジン運転条件によって変化するため、標準値 $P_{mt}(\theta_0)$ をエンジン運転条件毎に設定して、その時のエンジン運転条件に応じた標準値 $P_{mt}(\theta_0)$ を選択するようにすると良い。

【0056】本実施形態(3)では、ECU19は、図10及び図11に示す着火時期検出プログラムを実行することで、上記(4)、(5)式を用いて筒内圧力センサ15の出力特性のオフセット誤差及びゲイン誤差を補正するオフセット誤差補正手段及びゲイン誤差補正手段として機能すると共に、オフセット誤差及びゲイン誤差を補正した差圧を用いて着火時期の検出を行う。

\*【0049】[実施形態(3)]次に、本発明の実施形態(3)を図8乃至図11に基づいて説明する。筒内圧力センサ15は、温度等の使用条件によって出力特性にオフセット誤差が生じることがあり[図8(a)参照]、これが着火時期の検出精度を低下させる原因となる。このオフセット誤差は、次のようにして求めることができる。

【0050】ここで、オフセット誤差を $b$ 、着火前のクランク角 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ (但し、 $\theta_1 < \theta_2 < \theta_0$ )における検出圧力をそれぞれ $P_s(\theta_1)$ 、 $P_s(\theta_2)$ 、真の筒内圧力をそれぞれ $P_t(\theta_1)$ 、 $P_t(\theta_2)$ とすると、次式のように表すことができる。

$$P_s(\theta_1) = P_t(\theta_1) + b \quad \dots\dots (1)$$

$$P_s(\theta_2) = P_t(\theta_2) + b \quad \dots\dots (2)$$

【0051】また、クランク角 $\theta_1$ から $\theta_2$ までの筒内空気の状態変化を断熱変化と仮定すると、次式のように表すことができる。

★)、モータリング圧力の検出値を $P_{ms}(\theta_0)$ とすると、次式のように表すことができる。尚、モータリング圧力の標準値 $P_{mt}(\theta_0)$ は、算出クランク角 $\theta_0$ における標準的なモータリング圧力であり、予め設計データに基づいて設定したり、或は、初期状態(劣化前)の筒内圧力センサ15で検出したモータリング圧力を用いるようにしても良い。

$$P_{ms}(\theta_0) = a \times P_{mt}(\theta_0)$$

【0055】従って、ゲイン誤差 $a$ は次式により算出することができる。

【0057】図10及び図11の着火時期検出プログラムは、所定時間毎又は所定クランク角毎に実行される。本プログラムが起動されると、まず、ステップ301で、モータリング圧力 $P_m(\theta)$ の波形を更新する。これにより、筒内圧力センサ15の出力特性の経時変化に対応してモータリング圧力 $P_m(\theta)$ が更新される。尚、モータリング圧力 $P_m(\theta)$ の更新は、前記実施形態(1)と同じく、燃料噴射カット中に所定の運転条件が成立した時に、1サイクル分だけ筒内圧力センサ15の出力を読み込み、ECU19の不揮発性メモリに記憶されたモータリング圧力 $P_m(\theta)$ の記憶データを更新する。

【0058】この後、ステップ302で、ECU19の不揮発性メモリに記憶されたモータリング圧力 $P_m(\theta_1)$ 、 $P_m(\theta_2)$ を読み出し、モータリング圧力 $P_m$



( $\theta$ ) のオフセット誤差  $b_m$  を次式により算出する。

$$b_m = 1 / (K - 1) \times \{ K \times P_m(\theta_1) - P_m(\theta_2) \}$$

【0059】 次のステップ303で、このオフセット誤差  $b_m$  を用いてモータリング圧力  $P_m(\theta)$  のオフセット誤差を次式により補正する。

$$P_m'(\theta) = P_m(\theta) - b_m$$

このようにして求められたオフセット誤差補正後のモータリング圧力  $P_m'(\theta)$  は、本プログラムが終了するまで ECU19 の RAM 等のメモリに一時的に記憶しておく。

【0060】 この後、クランク角  $\theta$  がクランク角  $\theta_1$  となった時に、検出圧力  $P_k(\theta_1)$  を検出し、その後、クランク角  $\theta$  がクランク角  $\theta_2$  となった時に、検出圧力  $P_k(\theta_2)$  を検出し、検出圧力  $P_k(\theta)$  のオフセット誤差  $b_k$  を次式により算出する (ステップ304~308)。

$$b_k = 1 / (K - 1) \times \{ K \times P_k(\theta_1) - P_k(\theta_2) \}$$

【0061】 この後、クランク角  $\theta$  が算出クランク角  $\theta_0$  となった時に、ステップ309からステップ310に進み、算出クランク角  $\theta_0$  におけるオフセット誤差補正後のモータリング圧力  $P_m'(\theta_0)$  と、算出クランク角  $\theta_0$  におけるモータリング圧力の標準値  $P_{mt}(\theta_0)$  とを ECU19 の不揮発性メモリから読み出し、ゲイン誤差  $a$  を次式により算出する。

$$a = P_m'(\theta_0) / P_{mt}(\theta_0)$$

この際、モータリング圧力の標準値  $P_{mt}(\theta_0)$  は、エンジン運転条件に応じた値を選択できるようにすると良い。

【0062】 次のステップ311で、オフセット誤差  $b_k$  を用いて検出圧力  $P_k(\theta_0)$  のオフセット誤差を次式により補正する。

$$P_k'(\theta_0) = P_k(\theta_0) - b_k$$

【0063】 この後、ステップ312で、オフセット誤差補正後の検出圧力  $P_k'(\theta_0)$  とオフセット誤差補正後のモータリング圧力  $P_m'(\theta_0)$  との圧力比  $H'$  を次式により算出する。

$$H' = P_k'(\theta_0) / P_m'(\theta_0)$$

【0064】 この後、クランク角  $\theta$  が算出クランク角  $\theta_0$  を越えた時に、ステップ309からステップ313に進み、オフセット誤差  $b_k$  を用いて検出圧力  $P_k(\theta)$  のオフセット誤差を次式により補正する。

$$P_k'(\theta) = P_k(\theta) - b_k$$

【0065】 次のステップ314で、オフセット誤差補正後の基準圧力  $P_b'(\theta)$  を次式により算出する。

$$P_b'(\theta) = H' \times P_m'(\theta)$$

【0066】 次のステップ315で、ゲイン誤差  $a$  を用いて、オフセット誤差補正後の検出圧力  $P_k'(\theta)$  と基準圧力  $P_b'(\theta)$  との差圧  $\Delta P'(\theta)$  のゲイン誤差を次式により補正する。

$$\Delta P'(\theta) = 1 / a \times \{ P_k'(\theta) - P_b'(\theta) \}$$

このようにして算出された差圧  $\Delta P'(\theta)$  は、オフセット誤差とゲイン誤差の両方が補正された値となる。

【0067】 この後、ステップ316で、差圧  $\Delta P'(\theta)$  が着火判定値  $F'$  を越えたか否かを判定し、差圧  $\Delta P'(\theta)$  が着火判定値  $F$  以下であれば、上述したステップ309→313→314→315→316の処理を繰り返して差圧  $\Delta P'(\theta)$  を着火判定値  $F$  と比較する処理を繰り返実行する。

【0068】 その後、ステップ316で、差圧  $\Delta P'(\theta)$  が着火判定値  $F'$  を越えたか判定されたときに、ステップ317に進み、着火と判定し、そのときのクランク角  $\theta'f$  を着火時期と記憶して、本プログラムを終了する。

【0069】 以上説明した実施形態(3)では、使用条件や経時変化によって筒内圧力センサ15の出力にオフセット誤差やゲイン誤差が発生しても、そのオフセット誤差やゲイン誤差を求めて、検出圧力、モータリング圧力及び差圧を補正するので、筒内圧力センサ15の出力のオフセット誤差やゲイン誤差を取り除いたデータを用いて着火時期を検出することができ、より高精度な着火時期の検出が可能である。

【0070】 尚、上記実施形態(3)では、一点のクランク角  $\theta_0$  におけるモータリング圧力の標準値  $P_{mt}(\theta_0)$  を記憶しておき、一点のクランク角  $\theta_0$  でゲイン誤差  $a$  を求めたが、モータリング圧力の標準値  $P_{mt}(\theta)$  の波形を記憶しておき、2点以上のクランク角でゲイン誤差を求め、それらの平均値をゲイン誤差として用いるようにしても良い。

【0071】 また、上記実施形態(3)では、検出圧力とモータリング圧力の両方のオフセット誤差を補正した後、オフセット誤差補正後の検出圧力と基準圧力との差圧のゲイン誤差を補正するようにしたが、これとは反対に、ゲイン誤差を補正してから、オフセット誤差を補正するようにしても良く、また、筒内圧力センサ15の出力を読み込む段階で、オフセット誤差とゲイン誤差の両方を補正するようにしても良く、要は、差圧を着火判定値と比較するまでに、オフセット誤差とゲイン誤差を補正すれば良い。或は、オフセット誤差とゲイン誤差の一方のみを補正するようにしても良い。

【0072】 [実施形態(4)] 次に、本発明の実施形態(4)を図12乃至図16に基づいて説明する。本実施形態(4)では、図12に示すように、前記実施形態(1)の図1で説明したシステム構成に加えて、エンジン11の排気管21に、NOx触媒22が設けられている。このNOx触媒22は、セラミックや金属等の担体の表面に、酸素過剰雰囲気中でも還元剤(HC)の存在下でNOx(窒素酸化物)を還元浄化可能な触媒成分(例えばCu-ゼオライトやPt-ゼオライト)を担持

したものである。

【0073】燃料噴射弁12は、図13に示すように、圧縮上死点近傍でエンジン出力発生のためのメイン噴射を行うと共に、このメイン噴射に先立ち、パイロット噴射を行う。更に、メイン噴射後の膨張行程（例えばATDC90～180℃A）において、ポスト噴射を行って少量の燃料（例えばメイン噴射の1～5%）を噴射し、還元剤としての燃料（HC）をNOx触媒22に供給する。

【0074】通常、ポスト噴射は、シリンダ内温度が燃料の燃焼温度より低い時期に実施されるため、ポスト噴射した燃料は、燃焼することなく、シリンダ内の燃焼熱により適度に熱分解（改質）されて、反応性の高い（分子量が小さい）低沸点HCに変化する。これにより、NOx触媒22での反応量を増加させてNOx浄化率を高める。

【0075】しかし、エンジン出力が大きい場合には、シリンダ内温度が高くなるため、ポスト噴射した燃料がシリンダ内で燃焼して、NOx触媒22へ供給されなくなり、NOx浄化率が低下してしまう。

【0076】これを防止するには、ポスト噴射時期を遅角すれば良いが、遅角し過ぎると、シリンダ内温度が低くなりすぎて、ポスト噴射した燃料が十分に熱分解されないため、反応性の低い（分子量が大きい）高沸点HCの割合が多くなってしまい、NOx浄化率が低下してしまう。

【0077】そこで、本実施形態（4）では、ポスト噴射燃料が着火（燃焼）した場合、図15に示すように、検出圧力Pkと基準圧力Pbの差圧ΔPが上昇する点に着目して、図16に示すポスト噴射時期補正プログラムを実行することで、検出圧力Pkと基準圧力Pbの差圧ΔPに基づいてポスト噴射燃料の着火の有無を判定し、それに応じてポスト噴射時期を補正する。

【0078】図16のポスト噴射時期補正プログラムは、クランク角θがポスト噴射燃料の燃焼可能範囲θA～θB（例えばATDC90～180℃A）にある場合のみに着火の有無を判定する。つまり、θA～θBの範囲内に着火時期があるか否かを判定する。

【0079】本プログラムが起動されると、まずステップ401で、クランク角θがクランク角θA以上か否かを判定し、クランク角θA以上となったときに、ステップ402に進み、例えば実施形態（1）と同じ方法で、検出圧力Pkと基準圧力Pbの差圧ΔP(θ)を算出し、次のステップ403で、今回算出した差圧ΔP(θ)と前回算出した差圧ΔP(θ-1)との差が着火判定値ΔP1よりも大きいと判定する。

【0080】もし、ΔP(θ)-ΔP(θ-1)が着火判定値ΔP1以下であれば、ステップ404に進み、クランク角θがクランク角θB以上か否かを判定し、θ<θBと判定される毎に、上述したステップ402、40

3を繰り返し実行する。そして、θ≥θBに達するまでに、ステップ403で、ΔP(θ)-ΔP(θ-1)が着火判定値ΔP1よりも大きいと判定されれば、ステップ405に進み、ポスト噴射燃料が着火（燃焼）していると判定する。この場合、NOx触媒22へHCが供給されなくなってしまうため、ステップ406に進み、ポスト噴射時期を遅角する。これにより、ポスト噴射時のシリンダ内温度が下がるため、ポスト噴射燃料の燃焼が抑えられる。

10 【0081】一方、ステップ403で、ΔP(θ)-ΔP(θ-1)が着火判定値ΔP1より大きいと判定されることなく、θ≥θBとなった場合は、ステップ404からステップ407に進み、ポスト噴射燃料は着火（燃焼）していないと判定する。しかし、ポスト噴射時期が遅すぎると、シリンダ内温度が低すぎて、ポスト噴射燃料が十分に熱分解されないため、高いNOx浄化率を得ることができない。従って、ポスト噴射燃料が着火（燃焼）していない場合は、ステップ408で、ポスト噴射時期を遅角する。これにより、ポスト噴射時のシリンダ内温度が上がるため、ポスト噴射燃料の熱分解が促進され、NOx浄化率が高められる。

20 【0082】以上のようにすれば、ポスト噴射時期がポスト噴射燃料が着火し始める直前の時期に補正され、ポスト噴射燃料は、ほとんど燃焼することなく、最も効率良く熱分解されるため、反応性の高いHCをNOx触媒22に供給することができ、NOx浄化率を向上させることができる。

30 【0083】尚、上記各実施形態（1）～（4）では、本発明をコモンレール式の噴射システムをもつ4気筒のディーゼルエンジンに適用したが、コモンレール式以外の噴射システムのディーゼルエンジンや4気筒以外のディーゼルエンジンに本発明を適用しても良い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態（1）におけるシステム全体の概略構成を示す図である。

【図2】検出圧力と基準圧力とモータリング圧力の波形を示す図である。

【図3】実施形態（1）と従来の方法について検出圧力と基準圧力の特性を説明する図で、（a）はエンジン低負荷時の図、（b）はエンジン高負荷時の図である。

【図4】着火時期の検出方法を説明するための図である。

【図5】実施形態（1）の着火時期検出プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。

【図6】（a）、（b）は、実施形態（2）における着火時期検出の補正方法を説明するための図である。

【図7】実施形態（2）の着火時期検出補正プログラムの処理の流れを示すフローチャートである。

【図8】（a）はオフセット誤差補正前の筒内圧力センサの出力特性を示す図、（b）はオフセット誤差補正後

17

の筒内圧力センサの出力特性を示す図である。

【図9】筒内圧力センサの出力特性のゲイン誤差について説明するための図である。

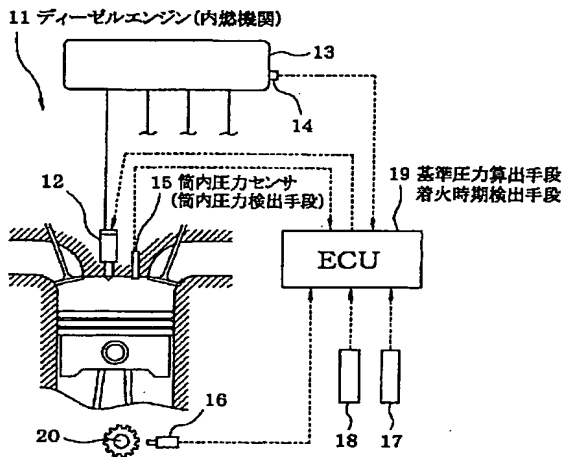
【図10】実施形態(3)の着火時期検出プログラムの処理の流れを示すフローチャート(その1)である。

【図11】実施形態(3)の着火時期検出プログラムの処理の流れを示すフローチャート(その2)である。

【図12】実施形態(4)におけるシステム全体の概略構成を示す図である。

【図13】パイロット噴射、メイン噴射、ポスト噴射のタイミングを示すタイムチャートである。

【図1】



18

【図14】シリンダ内温度の変化特性を示す図である。

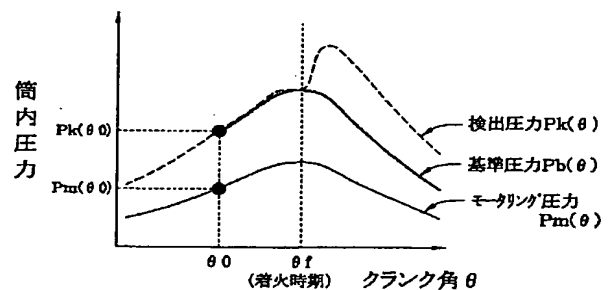
【図15】ポスト噴射燃料の着火時期の検出方法を説明するための図である。

【図16】実施形態(4)のポスト噴射時期補正プログラム処理の流れを示すフローチャートである。

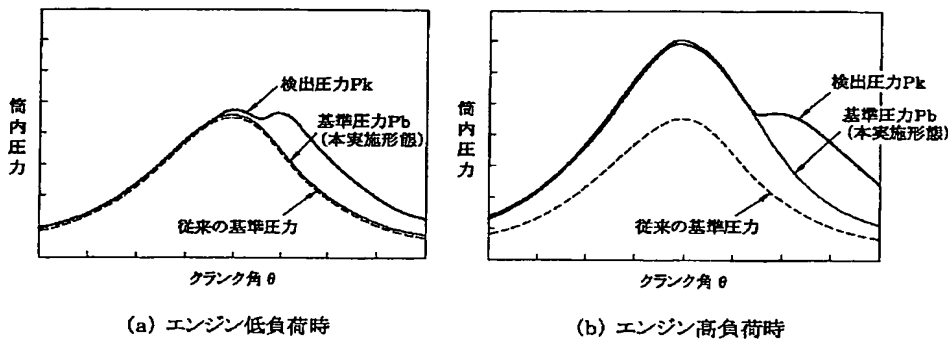
【符号の説明】

11…ディーゼルエンジン(内燃機関)、12…燃料噴射弁、15…筒内圧力センサ(筒内圧力検出手段)、16…クランク角センサ、19…ECU(基準圧力算出手段、着火時期検出手段、オフセット誤差補正手段、ゲイン誤差補正手段)、22…NO<sub>x</sub>触媒。

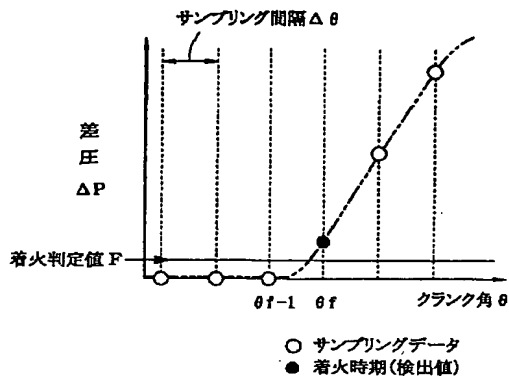
【図2】



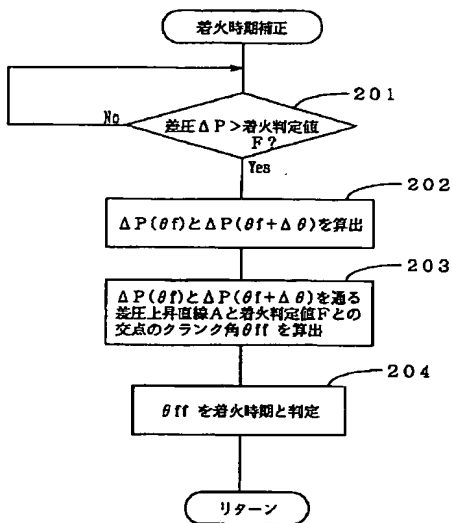
【図3】



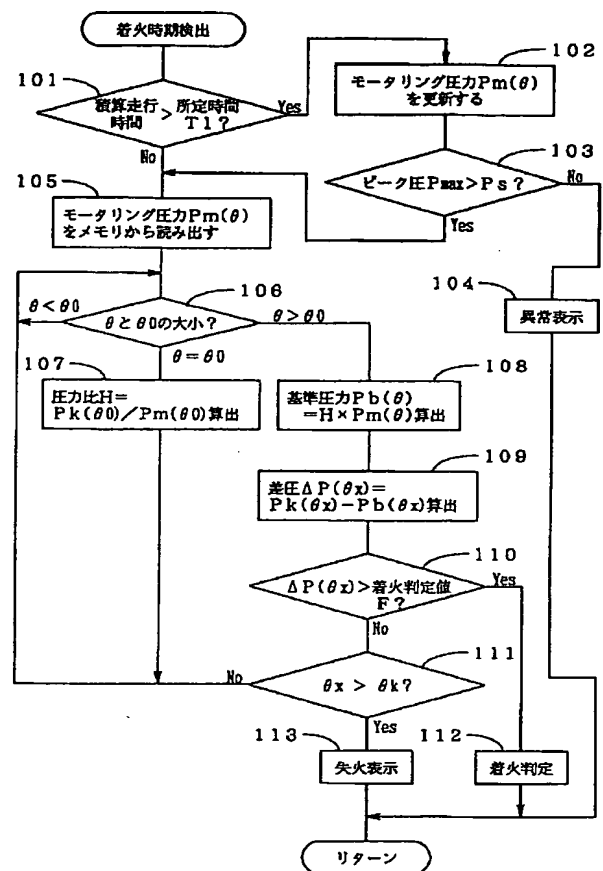
【図 4】



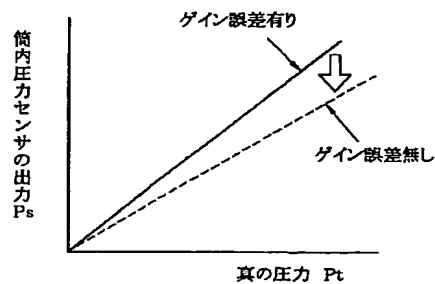
【図 7】



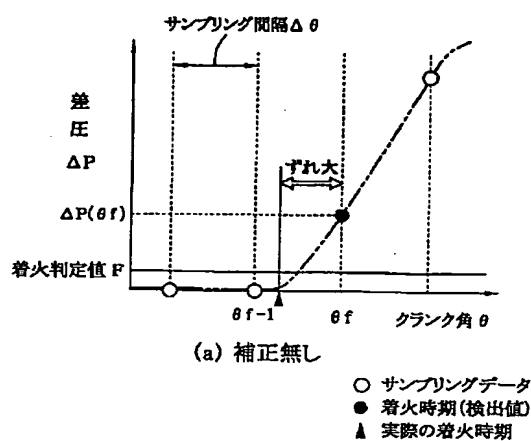
【図 5】



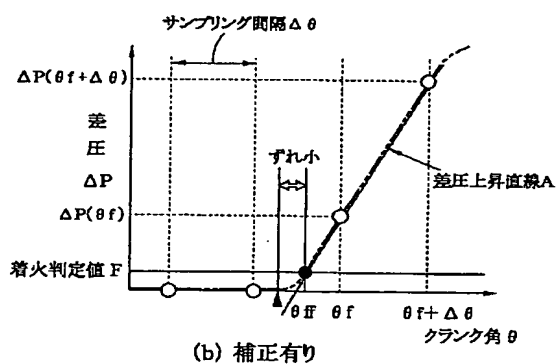
【図 9】



【図6】

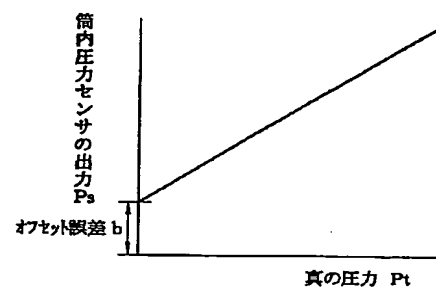


(a) 補正無し

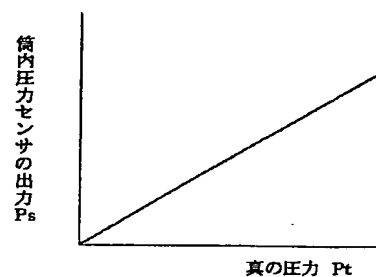


(b) 補正有り

【図8】

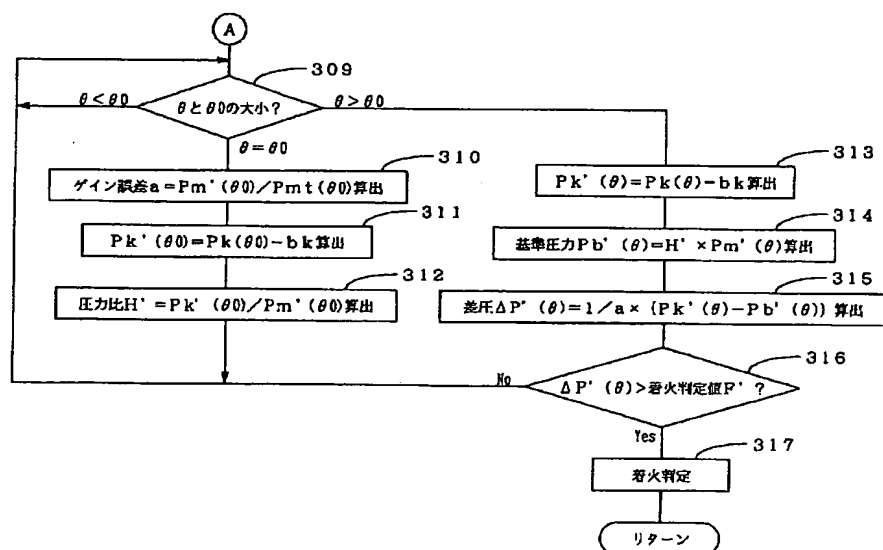


(a) オフセット誤差補正前

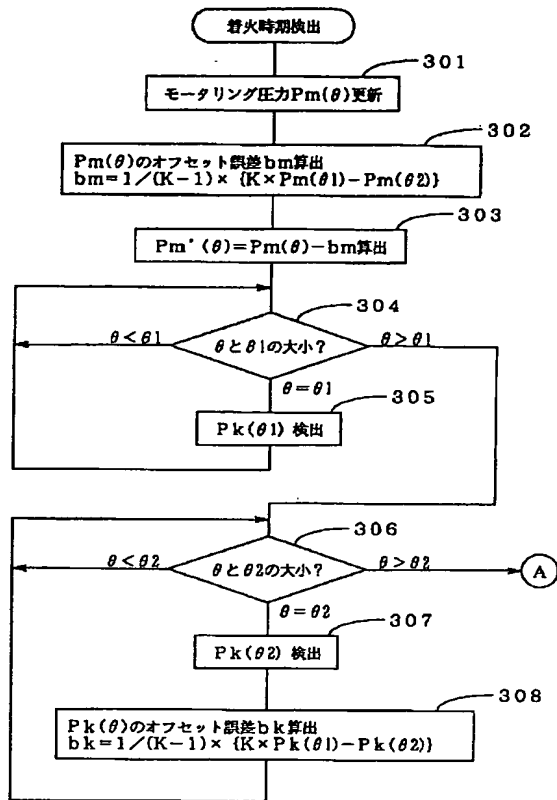


(b) オフセット誤差補正後

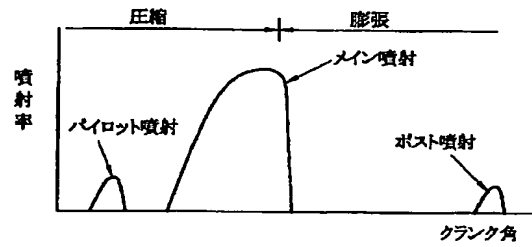
【図11】



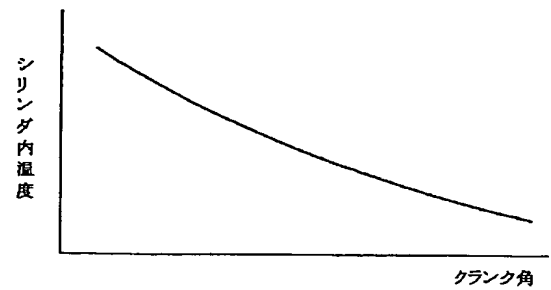
【図10】



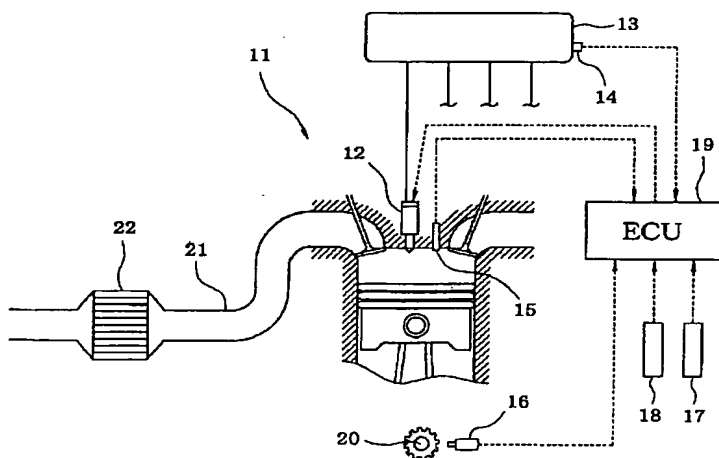
【図13】



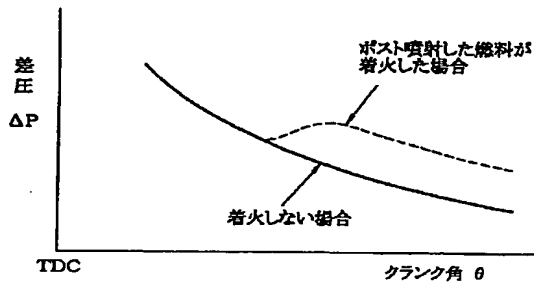
【図14】



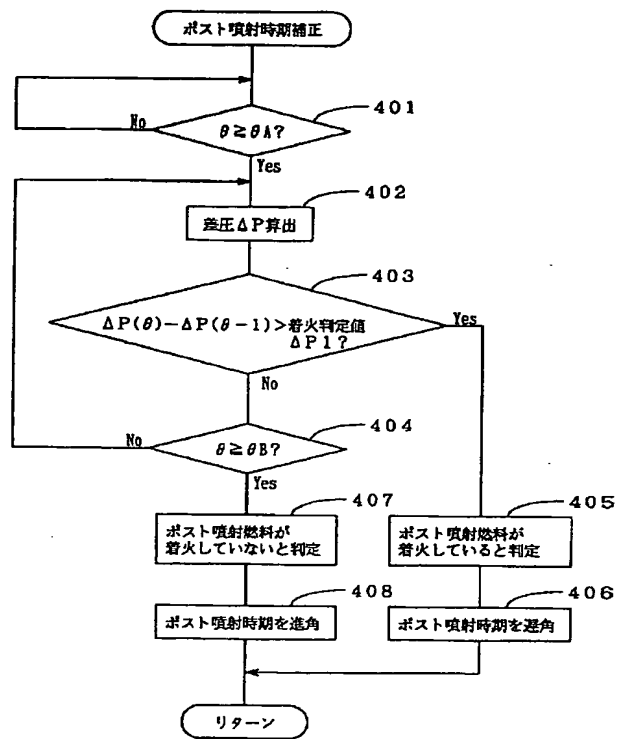
【図12】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F 02 D 43/00

識別記号

3 0 1

F I

F 02 D 43/00

リマート (参考)

3 0 1 H

3 0 1 J

3 0 1 Z

(72) 発明者 小林 和雄

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

(72) 発明者 中村 兼仁

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

F ターム (参考) 3G084 BA13 BA15 BA17 BA33 CA00

DA04 DA27 EA05 EA11 EB06

EB12 EB25 EC04 FA19 FA21

FA38

3G301 HA02 JA01 JA15 JA21 KA16

KA26 MA11 MA18 MA23 MA26

NA08 NB03 NC01 ND01 PB08Z

PC00A PC00Z PC01Z PE03Z

PE05Z PF03Z

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-234558

(43)Date of publication of application : 29.08.2000

(51)Int.Cl.

F02D 45/00

F02D 41/14

F02D 41/38

F02D 41/40

F02D 43/00

(21)Application number : 11-034107

(71)Applicant : DENSO CORP

(22)Date of filing : 12.02.1999

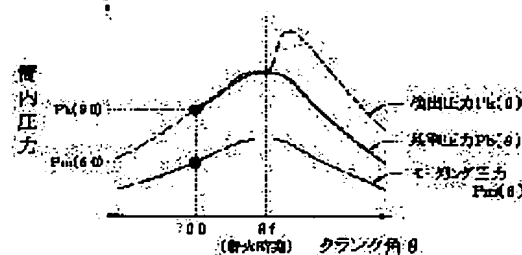
(72)Inventor : KOJIMA DAISUKE  
KUBOSHIMA TSUKASA  
KOBAYASHI KAZUO  
NAKAMURA KANEHITO

## (54) IGNITION TIMING DETECTING DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To calculate reference pressure (compression pressure of inner-cylinder air except for the pressure rise due to combustion) according to operation conditions during engine operation, and accurately detect an ignition timing based on the reference pressure and detected value of inner-cylinder pressure.

**SOLUTION:** This device detects waveform of inner-cylinder pressure (motoring pressure)  $P_m$  of one cycle at the time of cutting fuel and stores it in a memory. A ratio between a reference pressure  $P_b$  (compression pressure of inner-cylinder air except for the pressure rise due to combustion) under the present engine operation condition and the motoring pressure  $P_m$  is obtained during engine operation, by comparing pressure  $P_k$  detected by the inner cylinder pressure sensor at a crank angle  $\theta_0$  before ignition to the motoring pressure  $P_m$ . At the crank angle after the angle  $\theta_0$ , the motoring pressure  $P_m$  read from the memory is multiplied by the pressure ratio, so as to calculate the reference pressure  $P_b$ . When the difference between the detected pressure  $P_k$  and the reference pressure  $P_b$  exceeds the ignition determination value, the ignition timing  $\theta_f$  is determined.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

20.04.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]



**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the ignition stage detection equipment of the internal combustion engine which detects an internal combustion engine's cylinder internal pressure with a cylinder internal pressure detection means, and detects an ignition stage based on the detection value It is based on the cylinder internal pressure at the time of un-burning [ which was detected in the past with said cylinder internal pressure detection means ] (henceforth a "motoring pressure"). A reference pressure calculation means to compute the pressure (henceforth "reference pressure") of the current air in a cylinder except the pressure buildup by combustion, Ignition stage detection equipment of the internal combustion engine characterized by having an ignition stage detection means to measure the current cylinder internal pressure (henceforth the "detection pressure force") and said reference pressure detected with said cylinder internal pressure detection means, and to detect an ignition stage.

[Claim 2] Said cylinder internal pressure detection means is ignition stage detection equipment of the internal combustion engine according to claim 1 characterized by detecting the cylinder internal pressure at the time of a fuel-injection cut as said motoring pressure.

[Claim 3] Said reference pressure calculation means is ignition stage detection equipment of the internal combustion engine according to claim 1 or 2 characterized by computing said reference pressure by carrying out the multiplication of the multiplier for which it asked from the pressure ratio of said detection pressure force and said motoring pressure to said motoring pressure.

[Claim 4] Said reference pressure calculation means is ignition stage detection equipment of the internal combustion engine according to claim 3 characterized by computing said pressure ratio by the crank angle of at least one point before fuel ignition.

[Claim 5] Ignition stage detection equipment of the internal combustion engine according to claim 1 to 4 characterized by having an offset error amendment means by which compute the offset error of the output characteristics of said cylinder internal pressure detection means based on two or more detection pressure force detected by two or more crank angles with said cylinder internal pressure detection means, and only the part of this offset error amends the output characteristics of said cylinder internal pressure detection means.

[Claim 6] Ignition stage detection equipment of the internal combustion engine according to claim 1 to 5 characterized by having a renewal means of a motoring pressure to detect said motoring pressure with said cylinder internal pressure detection means under predetermined conditions for every fuel-injection cut, and to update the storage value of this motoring pressure.

[Claim 7] Ignition stage detection equipment of the internal combustion engine according to claim 1 to 6 characterized by having a gain error correction means by which search for the gain error of the output characteristics of said cylinder internal pressure detection means by measuring with that certified value said motoring pressure detected by the crank angle of at least one point with said cylinder internal pressure detection means, and only the part of this gain error amends the output characteristics of said cylinder internal pressure detection means.

[Claim 8] Said ignition stage detection means is ignition stage detection equipment of the internal combustion engine according to claim 1 to 7 characterized by judging the time of the differential pressure of said detection pressure force and said reference pressure exceeding an ignition decision value to be an ignition stage.

[Claim 9] Said ignition stage detection means is ignition stage detection equipment of the internal combustion engine according to claim 8 characterized by judging the time of computing the differential pressure of said detection pressure force and said reference pressure for every predetermined period, asking

for the characteristic ray which connects the continuous differential pressure beyond said ignition decision value of at least two points, and the production of this characteristic ray exceeding said ignition decision value to be an ignition stage.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]****[0001]**

**[Field of the Invention]** This invention relates to the ignition stage detection equipment of the internal combustion engine which detects an internal combustion engine's (engine) cylinder internal pressure, and detects an ignition stage from the detection pressure force.

**[0002]**

**[Description of the Prior Art]** An engine ignition stage is a control parameter which has direct effect on engine power, fuel consumption, and emission. Generally, an ignition stage changes with aging of engine operation conditions, an environmental condition, and a fuel-injection system etc., and especially, by the diesel power plant, in order to compress gaseous mixture high and to carry out self-ignition, it has the inclination for an ignition stage to tend to change. Therefore, in order to improve engine power, fuel consumption, and emission, it is necessary to control an ignition stage.

**[0003]** So, by the diesel power plant, an actual ignition stage is detected by a cylinder internal pressure sensor detecting cylinder internal pressure, as shown in JP,9-68081,A, and detecting the pressure buildup by combustion (ignition) based on this cylinder internal pressure, and the technique which carries out feedback control of the fuel injection timing so that this ignition stage may be made in agreement with a target ignition stage is examined.

**[0004]** However, the compression ratio of a diesel power plant is large, and in order to inhale a lot of air in a cylinder, the compression pressure (henceforth "reference pressure") of the air in a cylinder becomes large relatively compared with the pressure buildup by combustion. For this reason, unless it removes reference pressure from the detection value of cylinder internal pressure, the pressure buildup by combustion is undetectable with a sufficient precision.

**[0005]** Then, the thing of the above-mentioned official report is beforehand memorized on the map etc. in quest of the reference pressure in each crank angle by count, and asks for the firing pressure (pressure buildup by combustion) which subtracted reference pressure from the detected cylinder internal pressure, and eliminated the effect of reference pressure, and he is trying to judge the time of this firing pressure exceeding an ignition decision value to be an ignition stage.

**[0006]**

**[Problem(s) to be Solved by the Invention]** By the way, reference pressure changes with engine operation conditions etc. rather than is fixed, and has especially the inclination for the change to become large, with an engine with a supercharger. Therefore, in the technique of the above-mentioned official report, in order to ask for an exact firing pressure, it is necessary to subtract the reference pressure according to the engine operation conditions at that time from the detected cylinder internal pressure. For this reason, it is necessary to calculate the reference pressure in each crank angle for every engine operation conditions beforehand, and to memorize on a map etc. However, it is difficult to memorize beforehand in quest of all those reference pressure to all the engine operation conditions that change every moment by count as a matter of fact. And it is necessary to memorize a vast quantity of data about the reference pressure of all engine operation conditions, and mass memory is needed and there is also a fault which carries out a cost rise.

**[0007]** This invention is made in consideration of such a situation, therefore even if that purpose calculates beforehand the reference pressure for every engine operation conditions and does not memorize it on a map etc., it can ask for the reference pressure according to engine operation conditions easily during engine operation, and is to offer the ignition stage detection equipment of the internal combustion engine which can detect an ignition stage with a sufficient precision from the detection value of cylinder internal pressure using this reference pressure.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the ignition stage detection equipment of the internal combustion engine of claim 1 of this invention It is based on the cylinder internal pressure at the time of un-burning [ which was detected in the past with the cylinder internal pressure detection means ] (henceforth a "motoring pressure"). The pressure (henceforth "reference pressure") of the current air in a cylinder except the pressure buildup by combustion is computed with a reference pressure calculation means, the current cylinder internal pressure (henceforth the "detection pressure force") and the reference pressure which were detected with the cylinder internal pressure detection means are measured, and an ignition stage detection means detects an ignition stage.

[0009] In this case, a motoring pressure is the cylinder internal pressure at the time of un-burning in some engine operation conditions, i.e., the compression pressure of the air in a cylinder except the pressure buildup by combustion. Therefore, since a motoring pressure is equivalent to the reference pressure in the engine operation conditions when detecting it, it can compute the reference pressure in the present engine operation conditions by using a motoring pressure as base data from the relation between the engine operation conditions at the time of motoring pressure detection, and the present engine operation conditions. For this reason, in this invention, even if it calculates beforehand the reference pressure for every engine operation conditions and does not memorize on a map etc., during engine operation, the reference pressure according to the engine operation conditions at that time can be computed easily, and an ignition stage can be detected with a sufficient precision from the comparison with this reference pressure and the detection pressure force. And since it is not necessary to memorize a vast quantity of data about the reference pressure for every engine operation conditions, mass memory is not needed but-izing can be carried out [ low cost ] that much. Furthermore, since a cylinder internal pressure detection means detects the motoring pressure used as the base data at the time of computing reference pressure during engine operation, it can also cope with the difference in the motoring pressure characteristics by the individual difference of each engine.

[0010] Here, since the inside of a cylinder will be in the condition of not burning, the fuel-injection cut carried out at the time of car moderation and high rotation etc. is good like claim 2 for a cylinder internal pressure detection means to detect the cylinder internal pressure at the time of a fuel-injection cut as a motoring pressure. If it does in this way, it is not necessary to make specially the condition for detection of a motoring pressure of not burning, and a motoring pressure can be detected during engine operation using the fuel-injection cuts at the time of car moderation etc., without spoiling operability.

[0011] Moreover, it is good to compute reference pressure by carrying out the multiplication of the multiplier for which it asked from the pressure ratio of the detection pressure force and a motoring pressure to a motoring pressure like claim 3. That is, the pressure ratio of the detection pressure force and motoring pressure (detection pressure force at the time of motoring pressure detection) in current engine operation conditions serves as a leading parameter which presumes the pressure ratio of the reference pressure in current engine operation conditions, and the reference pressure at the time of motoring pressure detection from a motoring pressure being detection pressure force (= reference pressure at the time of motoring pressure detection) in the engine operation conditions at the time of motoring pressure detection. Therefore, if the multiplication of the multiplier for which it asked from this pressure ratio is carried out to a motoring pressure (= reference pressure at the time of motoring pressure detection), the reference pressure in the present engine operation conditions is easily computable.

[0012] In this case, it is good like claim 4 to compute the pressure ratio of the detection pressure force and a motoring pressure in the crank angle of at least one point before fuel ignition. Since the rise of the cylinder internal pressure by combustion will not arise if it is before fuel ignition as shown in drawing 2 , the detection pressure force and reference pressure are mostly in agreement. Therefore, if a pressure ratio is computed before fuel ignition, the pressure ratio which is not influenced at all of the pressure buildup by combustion can be computed, and reference pressure can be computed with a sufficient precision also by the crank angle after fuel ignition.

[0013] By the way, the cylinder internal pressure sensor used as a cylinder internal pressure detection means becomes the cause by which an offset error may arise in output characteristics according to service conditions, such as temperature, and this reduces the detection precision of an ignition stage.

[0014] Based on two or more detection pressure force detected by two or more crank angles with the cylinder internal pressure detection means, the offset error of the output characteristics of a cylinder internal pressure detection means is computed, and you may make it only the part of this offset error amend the output characteristics of a cylinder internal pressure detection means like claim 5 as this cure. When doing in this way, even if the offset error arose in the output characteristics of a cylinder internal pressure

detection means, an ignition stage is detectable with a sufficient precision using the correction value which eliminated the offset error from the output of a cylinder internal pressure detection means.

[0015] Moreover, it is good for a cylinder internal pressure detection means to detect a motoring pressure under predetermined conditions for every fuel-injection cut, and to update the storage value of this motoring pressure like claim 6. When doing in this way, even if an internal combustion engine's property and the output characteristics of a cylinder internal pressure detection means carried out aging, based on the newest motoring pressure updated according to the aging, reference pressure can be computed with a sufficient precision, and the fall of the detection precision of the ignition stage by aging can be prevented.

[0016] Moreover, as for the output characteristics of a cylinder internal pressure detection means, the gain (output sensibility) over pressure variation may change with a service condition, aging, etc. The gain error of the output characteristics of a cylinder internal pressure detection means is searched for by measuring with that certified value the motoring pressure detected by the crank angle of at least one point with the cylinder internal pressure detection means, and you may make it only the part of this gain error amend the output of a cylinder internal pressure detection means like claim 7 as this cure. When doing in this way, even if the gain error arose in the output characteristics of a cylinder internal pressure detection means, an ignition stage is detectable with a sufficient precision using the correction value which eliminated the gain error from the output of a cylinder internal pressure detection means.

[0017] By the way, although you may make it the detection approach of an ignition stage judge the time of the ratio of for example, the detection pressure force and reference pressure exceeding an ignition decision value to be an ignition stage, you may make it judge the time of the differential pressure of the detection pressure force and reference pressure exceeding an ignition decision value like claim 8 to be an ignition stage. Since the differential pressure of the detection pressure force and reference pressure is equivalent to a part for the pressure buildup by combustion, it can detect an ignition stage with a sufficient precision from differential pressure.

[0018] In the system computed to every predetermined sampling period  $\Delta\theta$ , the differential pressure of the detection pressure force and reference pressure here As shown in drawing 6 (a), it is sampling timing angle  $\theta_{af}-1$ . When ignition takes place immediately after computing differential pressure  $\Delta P(\theta_{af}-1)$ , Differential pressure  $\Delta P(\theta_{af})$  computed by the following sampling timing angle  $\theta_{af}(=\theta_{af}-1+\Delta\theta)$  will exceed the ignition decision value  $F$  for the first time. In this case, if sampling timing angle  $\theta_{af}$  is judged to be an ignition stage, a gap will arise between the detection value of an ignition stage, and an actual ignition stage. For this reason, if sampling period  $\Delta\theta$  is enlarged, the detection error of an ignition stage will become large, but if sampling period  $\Delta\theta$  is made small, a CPU load will increase.

[0019] When computing the differential pressure of the detection pressure force and reference pressure for every predetermined period, it asks for the characteristic ray which connects the continuous differential pressure beyond an ignition decision value of at least two points, and you may make it judge the time of the production of this characteristic ray exceeding an ignition decision value like claim 9 as this cure to be an ignition stage. It asks for the straight line which connects the differential pressure  $\Delta P(\theta_{af})$  and  $\Delta P(\theta_{af}+\Delta\theta)$  computed after differential pressure  $\Delta P$  exceeded the ignition decision value  $F$  as shown in drawing 6 (b) for example. If the production of this straight line judges crank angle  $\theta_{aff}$  which intersects the ignition decision value  $F$  to be an ignition stage, even if it enlarges sampling period  $\Delta\theta$ , gap width of face with the detection value of an actual ignition stage and an ignition stage can be made small, and an ignition stage can be detected with a sufficient precision. And since sampling period  $\Delta\theta$  can be enlarged, a CPU load is also mitigable.

[0020]

[Embodiment of the Invention] The operation gestalt (1) which applied this invention to the diesel power plant of a 4-cylinder is explained based on drawing 1 thru/or drawing 5 below [an operation gestalt (1)].

[0021] First, the configuration of the whole engine control system is explained based on drawing 1. The fuel injection valve 12 of a solenoid-valve type is attached in each gas column of the diesel power plant 11 which is an internal combustion engine, and the fuel \*\*\*\*(ed) by high pressure from high pressure pumping (not shown) is distributed to it through a common rail 13 at each fuel injection valve 12. The fuel-pressure sensor 14 which detects the pressure (common rail fuel pressure) of the fuel distributed to a fuel injection valve 12 is attached in this common rail 13. Moreover, the cylinder internal pressure sensor 15 (cylinder internal pressure detection means) which detects cylinder internal pressure is attached in one representation gas column of a diesel power plant 11.

[0022] Furthermore, near the crankshaft 20 of an engine 11, the crank angle sensor 16 which outputs a pulse

signal for every predetermined crank angle is installed, and the gas column distinction sensor 17 is installed near the cam shaft (not shown). Moreover, the load sensors 18, such as an accelerator sensor, are formed in the accelerator pedal (not shown).

[0023] The output signal of the various sensors mentioned above is inputted into the engine electronic control circuit (it is written as "ECU" below) 19. This ECU19 calculates fuel oil consumption and fuel injection timing based on the engine operation condition which was constituted as a subject and detected the microcomputer by various sensors, and controls a fuel injection valve 12 based on that result of an operation.

[0024] Furthermore, ECU19 is based on the cylinder internal pressure  $P_m$  at the time of un-burning [ which was detected by the cylinder internal pressure sensor 15 under predetermined conditions at the time of a fuel-injection cut ] (motoring pressure). While functioning as a reference pressure calculation means to compute the compression pressure (reference pressure)  $P_b$  of the current air in a cylinder except the pressure buildup by combustion It functions as an ignition stage detection means to detect an ignition stage based on the differential pressure (pressure buildup by combustion) of the cylinder internal pressure (detection pressure force)  $P_k$  and reference pressure  $P_b$  which were detected by the cylinder internal pressure sensor 15. And ECU19 carries out feedback control of the fuel injection timing of a fuel injection valve 12 so that the detected ignition stage may be made in agreement at a target ignition stage.

[0025] Here, the detection approach of the ignition stage by ECU19 is explained. When a predetermined service condition is satisfied during a fuel-injection cut, the wave of the motoring pressure  $P_m$  ( $\theta$ ) shown in drawing 2 reads the output of the cylinder internal pressure sensor 15 by one cycle (720degree-CA) (for example, when an engine speed turns into the predetermined rotational frequency  $N$ ), and memorizes it to nonvolatile memory (not shown), such as the backup RAM in ECU19. For every predetermined transit-time  $T$  progress (for example, 100 hours), the wave of this motoring pressure  $P_m$  ( $\theta$ ) is newly detected, when a predetermined service condition is satisfied during a fuel-injection cut, and it updates a storage value.

[0026] Moreover, the cylinder internal pressure sensor 15 detects the detection pressure force  $P_k$  ( $\theta$ ) to every predetermined sampling period  $\Delta\theta$  (for example, 1degree-CA). On the other hand, reference pressure  $P_b$  ( $\theta$ ) is computed as follows from the motoring pressure  $P_m$  ( $\theta$ ) and the detection pressure force  $P_k$  ( $\theta$ ).

[0027] Since the detection pressure force  $P_k$  ( $\theta$ ) before fuel ignition does not contain the pressure buildup by combustion, it is mostly in agreement with reference pressure  $P_b$  ( $\theta$ ). Therefore, calculation crank angle  $\theta_0$  set as the compression stroke before ignition If the pressure ratio  $H$  of the detection pressure force  $P_k$  ( $\theta_0$ ) and the motoring pressure  $P_m$  ( $\theta_0$ ) which can be set is computed by the degree type, the pressure ratio  $H$  which is not influenced at all of the pressure buildup by combustion is computable.

$$H = P_k(\theta_0) / P_m(\theta_0)$$

Here, it is the calculation crank angle  $\theta_0$ . In order to raise the calculation precision of a pressure ratio  $H$ , it is desirable that it is just before ignition as much as possible, for example, it is good to set it as BTDC10 degree-CA (before [ a compression top dead center ] 10degree-CA). Moreover, crank angle  $\theta_0$  of one point before ignition Although a pressure ratio  $H$  may be computed, a pressure ratio  $H$  is computed by the crank angle of two or more points before ignition, and you may make it use the average of two or more pressure ratios  $H$ .

[0028] This calculation crank angle  $\theta_0$  The reference pressure  $P_b$  ( $\theta$ ) in each crank angle  $\theta$  is computed by multiplying a pressure ratio  $H$  by each crank angle  $\theta$  of subsequent every at the motoring pressure  $P_m$  ( $\theta$ ).

$$P_b(\theta) = H \times P_m(\theta)$$

Thereby, reference pressure  $P_b$  ( $\theta$ ) is easily computable.

[0029] Calculation crank angle  $\theta_0$  which computed the pressure ratio  $H$  as shown in drawing 4 In subsequent crank angle  $\theta$ , differential pressure  $\Delta P$  ( $\theta$ ) of the detection pressure force  $P_k$  ( $\theta$ ) and the computed reference pressure  $P_b$  ( $\theta$ ) is computed by the degree type to every predetermined sampling period  $\Delta\theta$ .

$$\Delta P(\theta) = P_k(\theta) - P_b(\theta)$$

This differential pressure  $\Delta P$  ( $\theta$ ) is crank angle  $\theta_{\text{fa}}$  to which this differential pressure  $\Delta P$  ( $\theta$ ) exceeded the ignition decision value  $F$  for this differential pressure  $\Delta P$  ( $\theta$ ) as compared with the ignition decision value  $F$  since it was equivalent to a part for the pressure buildup by combustion. It judges with an ignition stage. Thereby, only a part for the pressure buildup by combustion is taken out from the detection pressure force  $P_k$  ( $\theta$ ), and an ignition stage can be detected with a sufficient precision. In

addition, what is necessary is just to set the ignition decision value F as 100kPa(s) in consideration of a detection error.

[0030] Detection of the ignition stage by ECU19 explained above is performed by the ignition stage detection program shown in drawing 5. This program is performed for every predetermined time and every predetermined crank angle, and the ignition stage of a representation gas column when the cylinder internal pressure sensor 15 was formed is detected. Starting of this program judges whether the addition transit time after updating the wave of the motoring pressure Pm (theta) last time exceeded predetermined time T1 (for example, 100 hours) at step 101 first. If the addition transit time has not reached predetermined time T1, it does not update the wave of the motoring pressure Pm (theta), but progresses to step 105 as it is.

[0031] On the other hand, when the addition transit time was over predetermined time T1, it progresses to step 102 and a predetermined service condition is satisfied during a fuel-injection cut, the output of the cylinder internal pressure sensor 15 is read as a motoring pressure Pm (theta) by 1 cycle (for example, when an engine speed turns into the predetermined rotational frequency N), and the stored data of the motoring pressure Pm (theta) memorized by the nonvolatile memory of ECU19 is updated. Then, peak pressure Pmax of the motoring pressure Pm (theta) updated at step 103 It judges whether it is higher than the predetermined value Ps. It is peak pressure Pmax. If it is below the predetermined value Ps, it judges that cylinder internal pressure is carrying out the abnormality fall, and progresses to step 104, and lighting of a warning lamp (not shown) etc. will perform an abnormality display, an operator will be told about the abnormality fall of cylinder internal pressure, and this program will be ended.

[0032] On the other hand, it is peak pressure Pmax at step 103. When judged with it being higher than the predetermined value Ps, it judges that cylinder internal pressure is normal, and progresses to step 105. At this step 105, the wave of the motoring pressure Pm (theta) memorized by the nonvolatile memory of ECU19 is read, the following step 106 compares current crank angle theta with the calculation crank angle theta 0 (for example, BTDC10degree-CA), and it is the calculation crank angle theta 0. It stands by at step 106 until it reaches. Then, calculation crank angle theta 0 When it reaches, it progresses to step 107 and is the calculation crank angle theta 0. The pressure ratio H of the detection pressure force Pk (theta 0) and the motoring pressure Pm (theta 0) which can be set is computed by the degree type, and it returns to step 106.  $H = P_k(\theta_0) / P_m(\theta_0)$

[0033] Then, crank angle theta is the calculation crank angle theta 0. When it exceeds, it progresses to step 108 from step 106, and is the calculation crank angle theta 0. To each crank angle theta of subsequent every, the multiplication of the pressure ratio H is carried out to the motoring pressure Pm (theta), and the reference pressure Pb (theta) of each crank angle theta is computed by the degree type.

$P_b(\theta) = H \times P_m(\theta)$

The data of this reference pressure Pb (theta) are temporarily memorized in memory, such as RAM in ECU19, until this program is completed.

[0034] It progresses to step 109 after calculation of reference pressure Pb (theta), and is the calculation crank angle theta 0. Differential pressure deltaP (theta x) in subsequent crank angle theta (it is henceforth written as theta x) is computed by the degree type.

$\Delta P(\theta x) = P_k(\theta x) - P_b(\theta x)$

[0035] Then, if differential pressure deltaP (theta x) is below the ignition decision value F, it progresses to step 110, it judges whether differential pressure deltaP (theta x) exceeded the ignition decision value F, and it progresses to step 111, and is the current crank angle theta x. Ignition detection termination crank angle thetak It judges whether it exceeded or not. This ignition detection termination crank angle thetak The expansion line is set as the crank angle near termination. therefore -- if it lights normally -- ignition detection termination crank angle thetak by -- differential pressure deltaP (theta x) exceeds the ignition decision value F.

[0036] At the above-mentioned step 111, it is the crank angle theta x. Ignition detection termination crank angle thetak Until a \*\*\*\*\* judging is carried out Processing of step 106->108->109->110 mentioned above is repeated, and processing of [ P / (theta x) / differential pressure delta/ the ignition decision value F ] is repeated. At step 110 When it judges that differential pressure deltaP (theta x) is larger than the ignition decision value F, it progresses to step 112 and judges with ignition, and it is crank angle thetaf at that time. An ignition stage is memorized and this program is ended.

[0037] On the other hand, it is the crank angle theta x at step 111, without being judged with differential pressure deltaP (theta x) having exceeded the ignition decision value F at step 110. When judged with having exceeded ignition detection termination crank angle thetak, it is judged as a flame failure, progresses to step 113, it indicates by the flame failure, an operator is told about a flame failure, and this program is



ended.

[0038] By the way, if the reference pressure corresponding to the time of an engine low load is beforehand calculated to drawing 3, and is memorized to it like the conventional example shown with a broken line and this reference pressure is applied to all engine operation conditions, in the time of an engine heavy load, reference pressure differs from actual reference pressure greatly, and an ignition stage may be incorrect-detected. Although reference pressure is beforehand calculated for every engine operation conditions, and it memorizes on the map etc. as this cure, and the detection precision of an ignition stage can be improved if it asks for the reference pressure according to engine operation conditions from a map etc., it is difficult to memorize beforehand in quest of all those reference pressure to all the engine operation conditions that change every moment by count as a matter of fact. And it is necessary to memorize a vast quantity of data about the reference pressure for every engine operation conditions, and mass memory is needed and there is also a fault which carries out a cost rise.

[0039] On the other hand, as this operation gestalt (1) shows to drawing 2, it is the calculation crank angle  $\theta_0$  before fuel ignition. Detection pressure force  $P_k(\theta_0)$  in which it can set, Calculation crank angle  $\theta_0$  of the engine operation conditions at that time The point whose reference pressure  $P_b(\theta_0)$  which can be set corresponds mostly is noted. Calculation crank angle  $\theta_0$  before fuel ignition By computing the pressure ratio  $H$  of the detection pressure force  $P_k(\theta_0)$  and the motoring pressure  $P_m(\theta_0)$  which can be set the pressure ratio  $H$  of the reference pressure  $P_b$  and the motoring pressure  $P_m$  in current engine operation conditions -- asking -- calculation crank angle  $\theta_0$  Each subsequent crank angle  $\theta_x$  every -- by multiplying a pressure ratio  $H$  by the motoring pressure  $P_m(\theta_x)$  Each crank angle  $\theta_x$  The reference pressure  $P_b(\theta_x)$  which can be set is computed. Thereby, using the pressure ratio  $H$  which is not influenced at all of the pressure buildup by combustion, the reference pressure  $P_b(\theta_x)$  of the crank angle after fuel ignition can be computed with a sufficient precision, and an ignition stage can be detected with a sufficient precision from differential pressure  $\Delta P(\theta_x)$  of this reference pressure  $P_b(\theta_x)$  and the detection pressure force  $P_k(\theta_x)$ . And since it is not necessary to calculate beforehand the reference pressure for every engine operation conditions like before, and to memorize on a map etc., mass memory is not needed but-izing can be carried out [ low cost ] that much.

[0040] Moreover, with the above-mentioned operation gestalt (1), since the cylinder internal pressure sensor 15 detects the motoring pressure  $P_m$  at the time of the fuel-injection cut carried out at the time of car moderation etc., the difference in the motoring pressure characteristics by the individual difference of each engine can also be coped with, and dispersion in the detection precision of the ignition stage by engine individual difference can be lessened. And since the motoring pressure  $P_m$  was updated for every predetermined time  $T$  progress, even if an engine property and the output characteristics of the cylinder internal pressure sensor 15 carried out aging, based on the motoring pressure  $P_m$  updated according to the aging, reference pressure  $P_b$  can be computed with a sufficient precision, and the fall of the detection precision of the ignition stage by aging can be prevented.

[0041] In addition, although the motoring pressure  $P_m$  was updated for every predetermined time  $T$  progress, you may make it update for every predetermined mileage progress with the above-mentioned operation gestalt (1). Moreover, you may make it the thing of a fuel injection valve 12, a glow plug (not shown), and one apparatus used for the cylinder internal pressure sensor 15.

[0042] Moreover, although it was made to detect the ignition stage with the above-mentioned operation gestalt (1) about the representation gas column in which the cylinder internal pressure sensor 15 was formed, the cylinder internal pressure sensor 15 is formed in all gas columns, the ignition stage detection program of drawing 5 is performed for every gas column, and you may make it detect an ignition stage for every gas column.

[0043] Furthermore, the detection approach of the ignition stage of the above-mentioned operation gestalt (1) may be applied to detection of the ignition stage of the pilot injection performed in advance of the Main injection for engine power generating, and detection of the ignition stage of the fuel injection in the first half of a compression stroke in the so-called "homogeneity premixed combustion system."

[0044] As shown in [operation gestalt (2)] drawing 6 (a), it is sampling timing angle  $\theta_{af-1}$ . When ignition takes place immediately after, and set to the following sampling timing angle  $\theta_{af}(=\theta_{af-1}+\Delta\theta)$ , it is judged with differential pressure  $\Delta P(\theta_{af})$  having exceeded the ignition decision value  $F$  for the first time. In this case, sampling timing angle  $\theta_{af}$  If it judges with an ignition stage, a gap will arise between the detection value of an ignition stage, and an actual ignition stage. For this reason, if sampling period  $\Delta\theta$  is enlarged, the detection error of an ignition stage will become large, but if sampling period  $\Delta\theta$  is made small, the CPU load of ECU19 will increase. Gap width of face with that of an actual



ignition stage will become large.

[0045] Such a situation is taken into consideration. With the operation gestalt (2) of this invention In the field to which differential pressure  $\Delta P$  exceeded the ignition decision value F as shown in drawing 6 (b) Sampling timing angle  $\theta_{\text{taf}}$  It asks for the differential pressure rise straight line A (characteristic ray) which connects differential pressure  $\Delta P$  ( $\theta_{\text{taf}}$ ) and differential pressure  $\Delta P$  ( $\theta_{\text{taf}} + \Delta \theta$ ) in the following sampling timing angle  $\theta_{\text{taf}} + \Delta \theta$ . Crank angle  $\theta_{\text{taff}}$  of the production of this differential pressure rise straight line A and an intersection with the ignition decision value F is judged to be an ignition stage. Thereby, even if it enlarges sampling period  $\Delta \theta$ , gap width of face with the detection value of an actual ignition stage and an ignition stage can be made small, and an ignition stage can be detected with a sufficient precision. And since sampling period  $\Delta \theta$  can be enlarged, the CPU load of ECU19 is also mitigable.

[0046] Amendment of the above ignition stages is performed by the ignition stage amendment program shown in drawing 7. When this program was started, it judges whether differential pressure  $\Delta P$  exceeded the ignition decision value F and differential pressure  $\Delta P$  exceeds the ignition decision value F at step 201 first, it progresses to the following step 202 and is sampling timing angle  $\theta_{\text{taf}}$ . Differential pressure  $\Delta P$  ( $\theta_{\text{taf}}$ ) and differential pressure  $\Delta P$  ( $\theta_{\text{taf}} + \Delta \theta$ ) in following sampling timing angle  $\theta_{\text{taf}} + \Delta \theta$  are computed.

[0047] Then, it progresses to step 203, and asks for the differential pressure rise straight line A which connects differential pressure  $\Delta P$  ( $\theta_{\text{taf}}$ ) and differential pressure  $\Delta P$  ( $\theta_{\text{taf}} + \Delta \theta$ ), crank angle  $\theta_{\text{taff}}$  of the intersection of this differential pressure rise straight line A and the ignition decision value F is calculated, and this crank angle  $\theta_{\text{taff}}$  is judged to be an ignition stage (step 204).

[0048] In addition, although it asked for the differential pressure rise straight line A with the above-mentioned operation gestalt (2) from differential pressure  $\Delta P$  in the continuous crank angle beyond the ignition decision value F of two points, you may make it ask for a differential pressure rise straight line (or differential pressure ascent curve) from differential pressure  $\Delta P$  in the continuous crank angle of three or more points.

[0049] [An operation gestalt (3)], next the operation gestalt (3) of this invention are explained based on drawing 8 thru/or drawing 11. The cylinder internal pressure sensor 15 becomes the cause by which an offset error may arise in output characteristics according to service conditions, such as temperature, and [referring to drawing 8 (a)] and this reduce the detection precision of an ignition stage. It can ask for this offset error as follows.

[0050] Here, the detection pressure force [ in / for an offset error / the crank angle  $\theta_1$  before b and ignition and  $\theta_2$  (however,  $\theta_1 < \theta_2 < \theta_0$ ) ] can be expressed like a degree type, if  $P_s(\theta_1)$ ,  $P_s(\theta_2)$ , and true cylinder internal pressure are set to  $P_t(\theta_1)$  and  $P_t(\theta_2)$ , respectively.

$$P_s(\theta_1) = P_t(\theta_1) + b \dots (1)$$

$$P_s(\theta_2) = P_t(\theta_2) + b \dots (2)$$

[0051] moreover, crank angle  $\theta_1$  from --  $\theta_2$  up to -- if the air condition change in a cylinder is assumed to be adiabatic change, it can express like a degree type.

$$P_t(\theta_1) \times \{V(\theta_1)\}^\gamma = P_t(\theta_2) \times \{V(\theta_2)\}^\gamma \quad P_t(\theta_2)/P_t(\theta_1) = \{V(\theta_1)/V(\theta_2)\}^\gamma = K \dots (3)$$

Here, it is the constant cylinder content volume is decided by  $V(\theta)$  and it is decided by  $\gamma$  from  $V(\theta)$  and  $\gamma$  that the ratio of specific heat and K will be.

[0052] If the above-mentioned (1) - (3) type is solved, offset error b is computable with a degree type.

$$b = 1/(K-1) \times \{K \times P_s(\theta_1) - P_s(\theta_2)\} \dots (4)$$

If this offset error b is subtracted from the output of the cylinder internal pressure sensor 15, the offset error of the output of the cylinder internal pressure sensor 15 can be amended.

[0053] Moreover, the gain (output sensibility) over pressure variation may change with a service condition, aging, etc. (refer to drawing 9), and, as for the output characteristics of the cylinder internal pressure sensor 15, the detection precision of an ignition stage falls also by this. This gain error can be searched for as follows.

[0054] Here, they are a and the calculation crank angle  $\theta_0$  about a gain error. The detection value of  $P_{\text{mt}}(\theta_0)$  and a motoring pressure can be expressed for it like a degree type, if the certified value of a motoring pressure which can be set is set to  $P_{\text{ms}}(\theta_0)$ . In addition, the certified value  $P_{\text{mt}}(\theta_0)$  of a motoring pressure is the calculation crank angle  $\theta_0$ . It is the standard motoring pressure which can be set, and based on a design data, it may set up beforehand, or you may make it use the motoring pressure detected by the cylinder internal pressure sensor 15 of an initial state (before degradation).

$Pms(\theta_0) = a \times Pmt(\theta_0)$

[0055] Therefore, the gain error  $a$  is computable with a degree type.

$a = Pms(\theta_0) / Pmt(\theta_0) \dots (5)$

By carrying out division process of the output of the cylinder internal pressure sensor 15 with this gain error  $a$ , the gain error of the output of the cylinder internal pressure sensor 15 can be amended. In addition, since the detection value  $Pms(\theta_0)$  of a motoring pressure changes with engine operation conditions, such as an engine speed, it is good to set up a certified value  $Pmt(\theta_0)$  for every engine operation conditions, and to choose the certified value  $Pmt(\theta_0)$  according to the engine operation conditions at that time.

[0056] With this operation gestalt (3), ECU19 is performing the ignition stage detection program shown in drawing 1010 and drawing 11, and it detects an ignition stage using the differential pressure which amended the offset error and the gain error while it functions as an offset error amendment means amend the offset error and gain error of output characteristics of the cylinder internal pressure sensor 15 using the above (4) and (5) types, and a gain error-correction means.

[0057] The ignition stage detection program of drawing 10 and drawing 11 is performed for every predetermined time and every predetermined crank angle. Starting of this program updates the wave of the motoring pressure  $Pm(\theta)$  at step 301 first. Thereby, the motoring pressure  $Pm(\theta)$  is updated corresponding to aging of the output characteristics of the cylinder internal pressure sensor 15. In addition, when a predetermined service condition is satisfied during a fuel-injection cut as well as said operation gestalt (1), the renewal of the motoring pressure  $Pm(\theta)$  reads the output of the cylinder internal pressure sensor 15 by 1 cycle, and updates the stored data of the motoring pressure  $Pm(\theta)$  memorized by the nonvolatile memory of ECU19.

[0058] Then, at step 302, the motoring pressures  $Pm(\theta_1)$  and  $Pm(\theta_2)$  memorized by the nonvolatile memory of ECU19 are read, and the offset error  $bm$  of the motoring pressure  $Pm(\theta)$  is computed by the degree type.

$bm = 1/(K-1) \times \{K \times Pm(\theta_1) - Pm(\theta_2)\}$

[0059] At the following step 303, a degree type amends the offset error of the motoring pressure  $Pm(\theta)$  using this offset error  $bm$ .

$Pm'(\theta) = Pm(\theta) - bm$  -- motoring pressure  $Pm'(\theta)$  after the offset error amendment called for by doing in this way is temporarily memorized in memory, such as RAM of ECU19, until this program is completed.

[0060] Then, crank angle  $\theta$  is the crank angle  $\theta_1$ . When it becomes, the detection pressure force  $Pk(\theta_1)$  is detected, and after that and crank angle  $\theta$  is the crank angle  $\theta_2$ . When it becomes, the detection pressure force  $Pk(\theta_2)$  is detected, and the offset error  $b_k$  of the detection pressure force  $Pk(\theta)$  is computed by the degree type (steps 304-308).

$b_k = 1/(K-1) \times \{K \times Pk(\theta_1) - Pk(\theta_2)\}$

[0061] Then, crank angle  $\theta$  is the calculation crank angle  $\theta_0$ . When it becomes, it progresses to step 310 from step 309, and is the calculation crank angle  $\theta_0$ . Motoring pressure  $Pm'(\theta_0)$  and the calculation crank angle  $\theta_0$  after the offset error amendment which can be set The certified value  $Pmt(\theta_0)$  of a motoring pressure which can be set is read from the nonvolatile memory of ECU19, and the gain error  $a$  is computed by the degree type.

$a = Pm'(\theta_0) / Pmt(\theta_0)$  -- the certified value  $Pmt(\theta_0)$  of a motoring pressure is good in this case to enable it to choose the value according to engine operation conditions.

[0062] At the following step 311, a degree type amends the offset error of the detection pressure force  $Pk(\theta_0)$  using an offset error  $b_k$ .

$Pk'(\theta_0) = Pk(\theta_0) - b_k$  [0063] then -- a step -- 312 -- an offset error -- amendment -- the back -- detection pressure -- the force --  $Pk'(\theta_0)$  -- an offset error -- amendment -- the back -- motoring -- a pressure --  $Pm'(\theta_0)$  -- a pressure ratio --  $H' -- '(\theta_0)$  -- a degree type -- computing .

$H' = Pk'(\theta_0) / Pm'(\theta_0)$

[0064] Then, crank angle  $\theta$  is the calculation crank angle  $\theta_0$ . When it exceeds, it progresses to step 313 from step 309, and a degree type amends the offset error of the detection pressure force  $Pk(\theta)$  using an offset error  $b_k$ .

$Pk'(\theta) = Pk(\theta) - b_k$  [0065] At the following step 314, reference pressure  $Pb'(\theta)$  after offset error amendment is computed by the degree type.

$Pb'(\theta) = H' \times Pm'(\theta)$

[0066] a degree -- a step -- 315 -- gain -- an error --  $a$  -- using -- an offset error -- amendment -- the back -- detection pressure -- the force --  $Pk'(\theta)$  -- reference pressure --  $Pb'(\theta)$  -- differential pressure --

delta -- P -- ' (theta) -- gain -- an error -- a degree type -- amending .

$\text{deltaP}'(\theta) = 1/\alpha \{ \text{Pk}'(\theta) - \text{Pb}'(\theta) \}$

Thus, computed differential pressure  $\text{deltaP}'(\theta)$  becomes the value by which both the offset error and the gain error were amended.

[0067] Then, at step 316, it judges whether differential pressure  $\text{deltaP}'(\theta)$  exceeded ignition decision value  $F'$ , processing of step 309->313->314->315->316 mentioned above when differential pressure  $\text{deltaP}'(\theta)$  was below the ignition decision value  $F$  is repeated, and processing of [ ' / (theta) / differential pressure  $\text{deltaP}'$  the ignition decision value  $F$  ] is wound and \*\*\*\*\* (ed).

[0068] Then, when judged with differential pressure  $\text{deltaP}'(\theta)$  having exceeded ignition decision value  $F'$  at step 316, it progresses to step 317 and judges with ignition, and it is crank angle  $\theta_f$  at that time. An ignition stage is memorized and this program is ended.

[0069] Since the offset error and gain error are searched for and the detection pressure force, a motoring pressure, and differential pressure are amended with the operation gestalt (3) explained above even if an offset error and a gain error occur in the output of the cylinder internal pressure sensor 15 by the service condition or aging, an ignition stage can be detected using the data which removed the offset error and gain error of an output of the cylinder internal pressure sensor 15, and detection of a highly precise ignition stage is possible.

[0070] In addition, at the above-mentioned operation gestalt (3), it is the crank angle  $\theta_0$  of one point. The certified value  $\text{Pmt}(\theta_0)$  of a motoring pressure which can be set is memorized, and it is the crank angle  $\theta_0$  of one point. Although the gain error was searched for, the wave of the certified value  $\text{Pmt}(\theta)$  of a motoring pressure is memorized, a gain error is searched for by the crank angle of two or more points, and you may make it use those averages as a gain error.

[0071] Moreover, although the gain error of the differential pressure of the detection pressure force after offset error amendment and reference pressure was amended with the above-mentioned operation gestalt (3) after amending the offset error of both the detection pressure force and a motoring pressure It is the phase of making it amend an offset error and reading the output of the cylinder internal pressure sensor 15 contrary to this after amending a gain error. What is necessary is to make it amend both an offset error and a gain error, and just to, amend an offset error and a gain error in short, by the time it compares differential pressure with an ignition decision value. Or you may make it amend only one side of an offset error and a gain error.

[0072] [An operation gestalt (4)], next the operation gestalt (4) of this invention are explained based on drawing 12 thru/or drawing 16 . With this operation gestalt (4), as shown in drawing 12 , in addition to the system configuration explained by drawing 1 of said operation gestalt (1), the NOx catalyst 22 is formed in the exhaust pipe 21 of an engine 11. This NOx catalyst 22 supports the catalyst component (for example, Cu-zeolite and Pt-zeolite) which can reduction purify NOx (nitrogen oxides) under existence of a reducing agent (HC) also in a hyperoxia ambient atmosphere on the front face of support, such as a ceramic metallurgy group.

[0073] A fuel injection valve 12 performs pilot injection in advance of this Maine injection while performing Maine injection for engine power generating near the compression top dead center, as shown in drawing 13 . Furthermore, it sets like the expansion line after the Maine injection (for example, ATDC90-180degree-CA), and postinjection is performed, a little fuel (for example, 1 - 5% of the Maine injection) is injected, and the fuel (HC) as a reducing agent is supplied to the NOx catalyst 22.

[0074] Usually, since postinjection is carried out at the stage when whenever [ cylinder internal temperature ] is lower than the combustion temperature of a fuel, without burning, the pyrolysis (reforming) of the fuel which carried out postinjection is moderately carried out by the heat of combustion in a cylinder, and it changes to the reactant high (molecular weight is small) low-boiling point HC. Thereby, the reacting weight in the NOx catalyst 22 is made to increase, and the rate of NOx purification is raised.

[0075] However, since whenever [ cylinder internal temperature ] becomes high when engine power is large, the fuel which carried out postinjection burns within a cylinder, NOx catalyst 22 HE supply will not be carried out, and the rate of NOx purification will fall.

[0076] Since whenever [ cylinder internal temperature ] will become low too much and the pyrolysis of the fuel which carried out postinjection will not fully be carried out if a lag is carried out too much although what is necessary is just to carry out the lag of the postfuel injection timing in order to prevent this, the rate of the reactant low (molecular weight is large) high-boiling point HC will increase, and the rate of NOx purification will fall.

[0077] So, when a postinjection fuel is lit (combustion), as shown in drawing 15 , by performing the postfuel-injection-timing amendment program shown in drawing 16 paying attention to the point that

differential-pressure  $\Delta P$  of the detection-pressure force  $P_k$  and reference pressure  $P_b$  goes up, the existence of ignition of a postinjection fuel is judged based on differential-pressure  $\Delta P$  of the detection-pressure force  $P_k$  and reference pressure  $P_b$ , and postfuel injection timing amends with this operation gestalt (4) according to it.

[0078] The postfuel-injection-timing amendment program of drawing 16 judges the existence of ignition, only when crank angle  $\theta$  is in range  $\theta_A$  of a postinjection fuel which can be burned -  $\theta_B$  (for example, ATDC90-180degree-CA). That is,  $\theta_A - \theta_B$  It judges whether an ignition stage is in within the limits.

[0079] If this program is started, crank angle  $\theta$  is crank angle  $\theta_A$  at step 401 first. \*\*\*\*\* above is judged and it is crank angle  $\theta_A$ . When it becomes the above, it progresses to step 402. By for example, the same approach as an operation gestalt (1) It judges whether the difference of differential pressure  $\Delta P(\theta)$  which computed differential pressure  $\Delta P(\theta)$  of the detection pressure force  $P_k$  and reference pressure  $P_b$ , and was computed at the following step 403 this time, and differential pressure  $\Delta P(\theta-1)$  computed last time is larger than the ignition decision value  $\Delta P_1$ .

[0080] If  $\Delta P(\theta) - \Delta P(\theta-1)$  is  $\Delta P_1$  or less ignition decision value, it progresses to step 404 and crank angle  $\theta$  is crank angle  $\theta_B$ . Whenever it judges \*\*\*\*\* above and is judged with  $\theta < \theta_B$ , step 402,403 mentioned above is repeated and performed. And  $\theta \geq \theta_B$  If it will judge that  $\Delta P(\theta) - \Delta P(\theta-1)$  is larger than the ignition decision value  $\Delta P_1$  at step 403 by the time it reaches, it will progress to step 405 and will judge with the postinjection fuel being lit (combustion). In this case, since NOx catalyst 22 HE HC is no longer supplied, it progresses to step 406 and the lag of the postfuel injection timing is carried out. Thereby, since whenever [ cylinder internal temperature / at the time of postinjection ] falls, combustion of a postinjection fuel is suppressed.

[0081] On the other hand, it is  $\theta \geq \theta_B$ , without judging that  $\Delta P(\theta) - \Delta P(\theta-1)$  is larger than the ignition decision value  $\Delta P_1$  at step 403. When it becomes, it progresses to step 407 from step 404, and judges with the postinjection fuel not being lit (combustion). However, if postfuel injection timing is too late, since whenever [ cylinder internal temperature ] will be too low and the pyrolysis of the postinjection fuel will not fully be carried out, the high rate of NOx purification cannot be obtained. Therefore, when the postinjection fuel is not lit (combustion), it is step 408 and the tooth lead angle of the postfuel injection timing is carried out. Thereby, in order that whenever [ cylinder internal temperature / at the time of postinjection ] may go up, the pyrolysis of a postinjection fuel is promoted and the rate of NOx purification is raised.

[0082] If it is made above, postfuel injection timing is amended at a stage just before a postinjection fuel begins to be lit, and since a pyrolysis is carried out most efficiently, without burning, most postinjection fuels can supply reactant high HC to the NOx catalyst 22, and can raise the rate of NOx purification.

[0083] In addition, although this invention was applied to the diesel power plant of a 4-cylinder with the injection system of a common ball-race type in each above-mentioned operation gestalt (1) - (4), this invention may be applied to the diesel power plant of injection systems other than a common rail type, or diesel power plants other than a 4-cylinder.

---

[Translation done.]

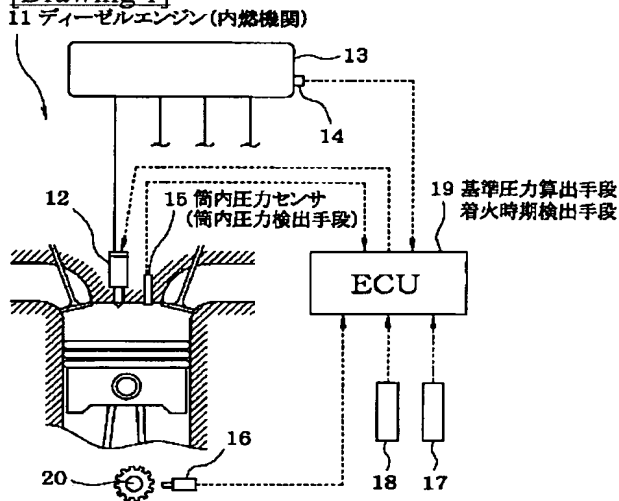
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

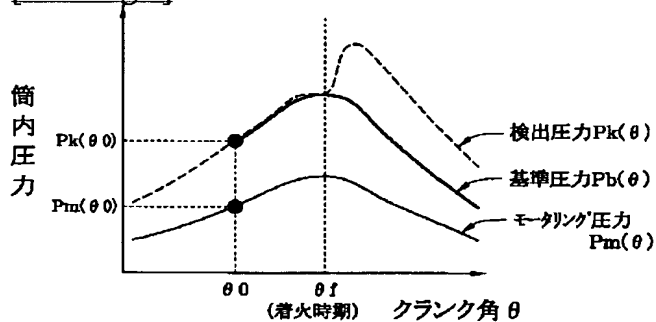
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

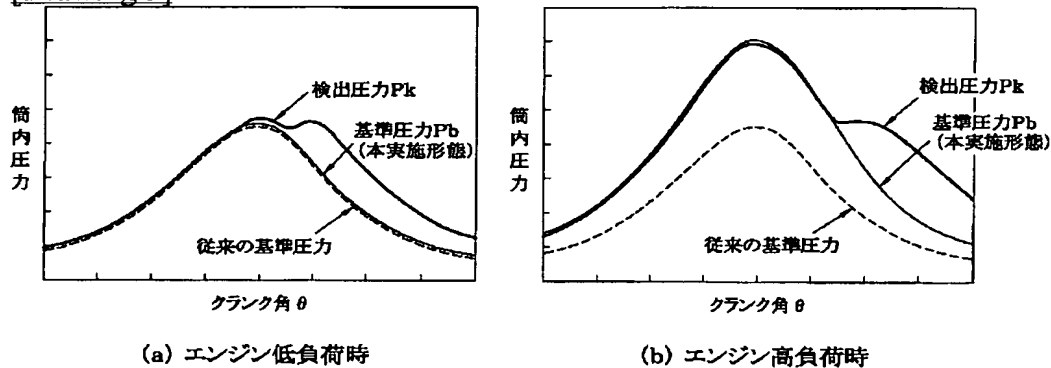
[Drawing 1]



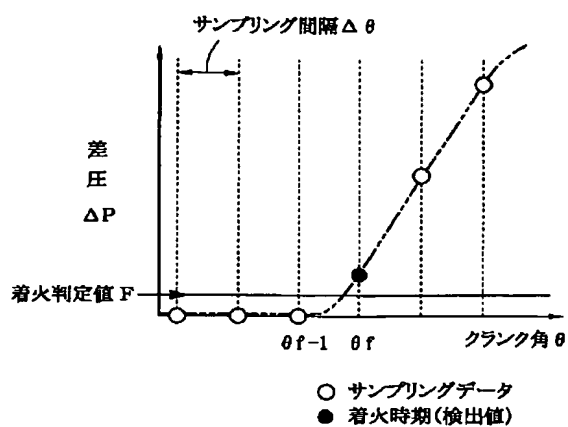
[Drawing 2]



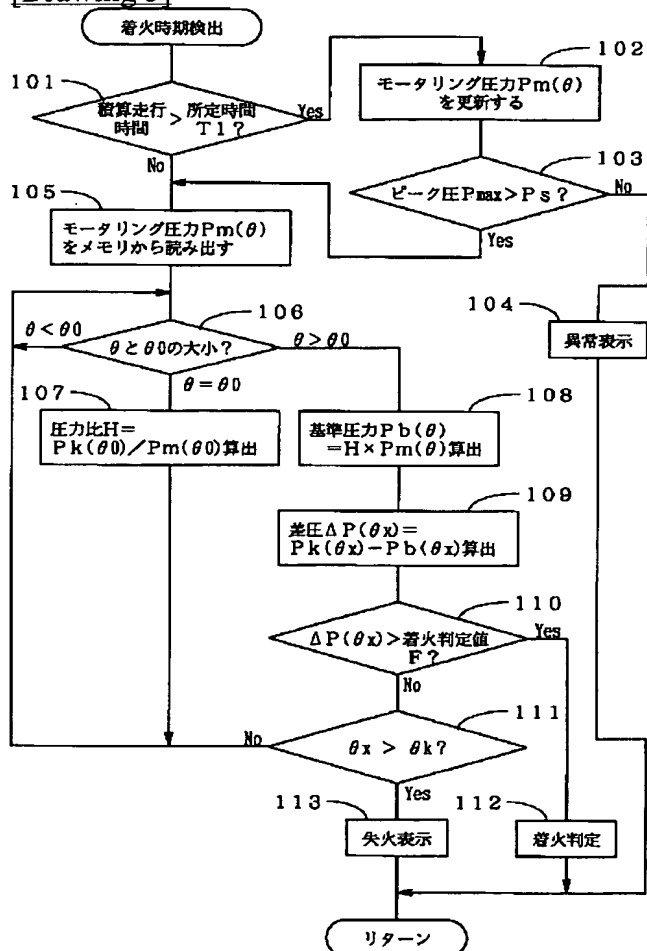
[Drawing 3]



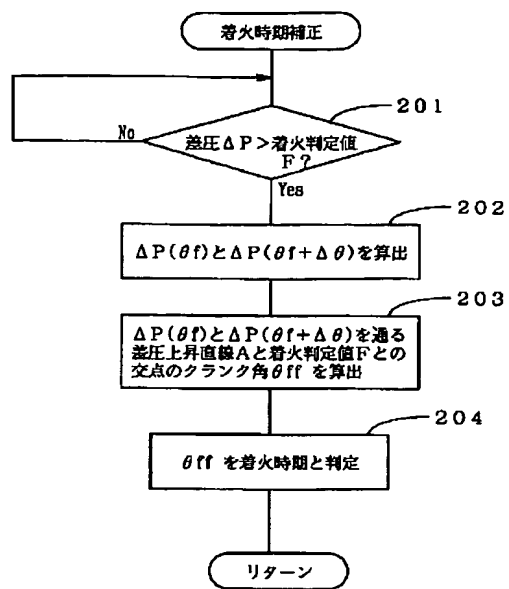
[Drawing 4]



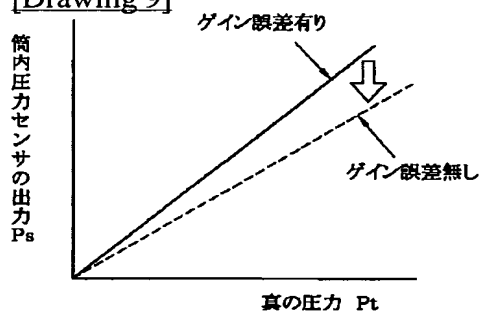
[Drawing 5]



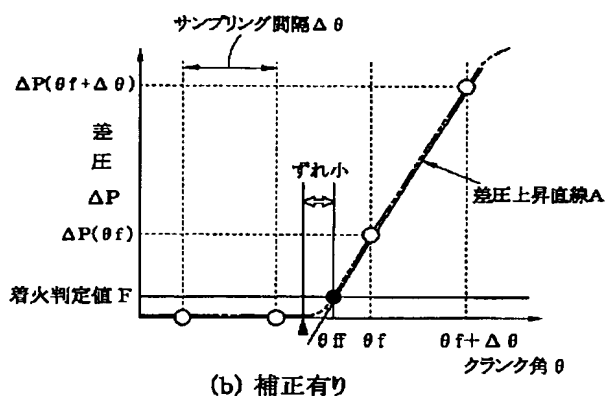
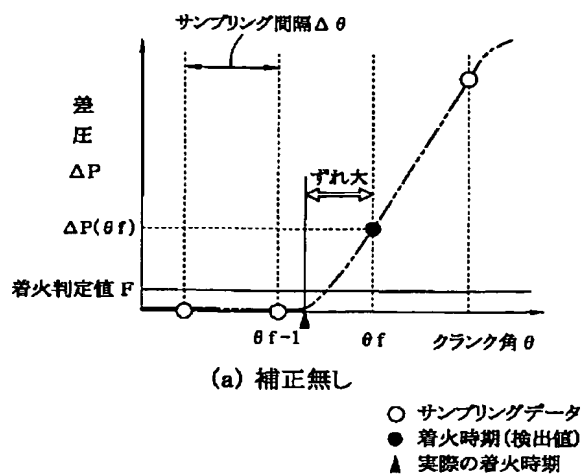
[Drawing 7]



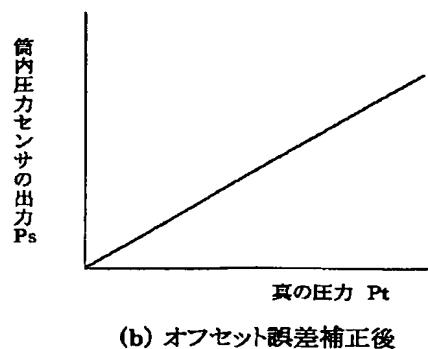
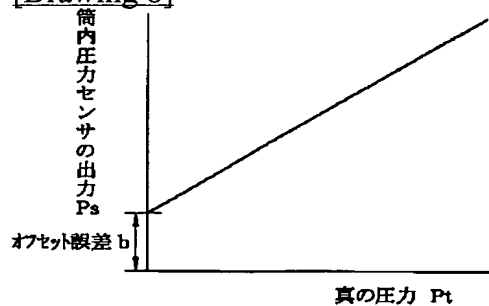
[Drawing 9]



[Drawing 6]

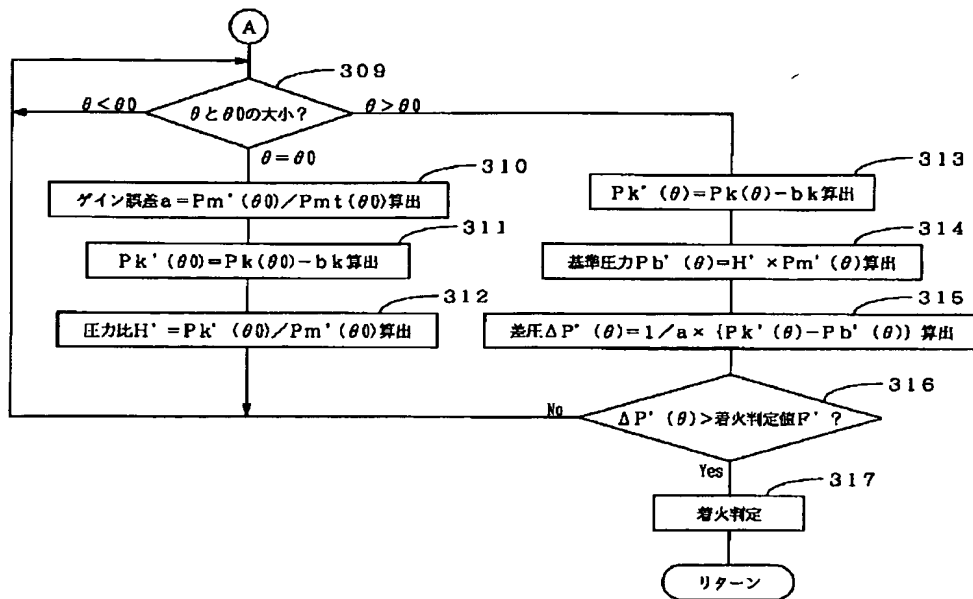


[Drawing 8]

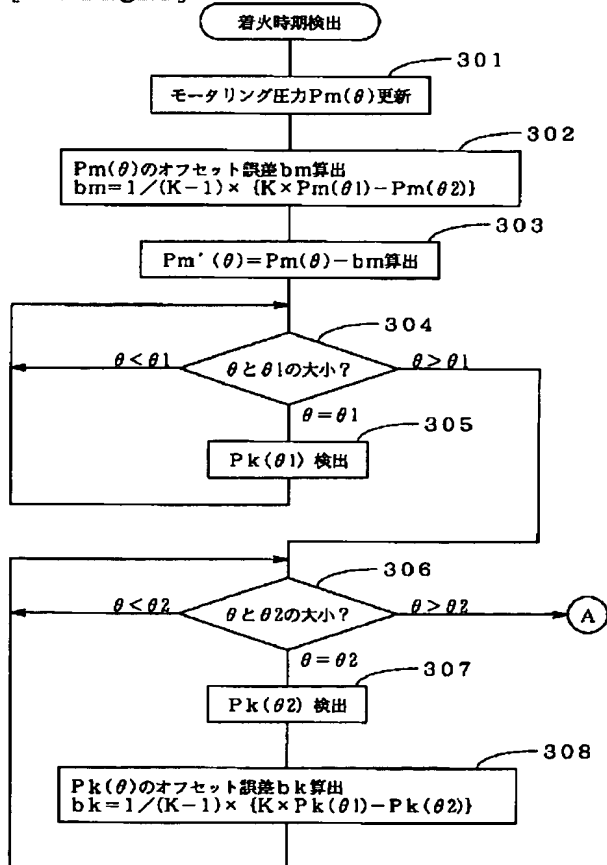


[Drawing 11]

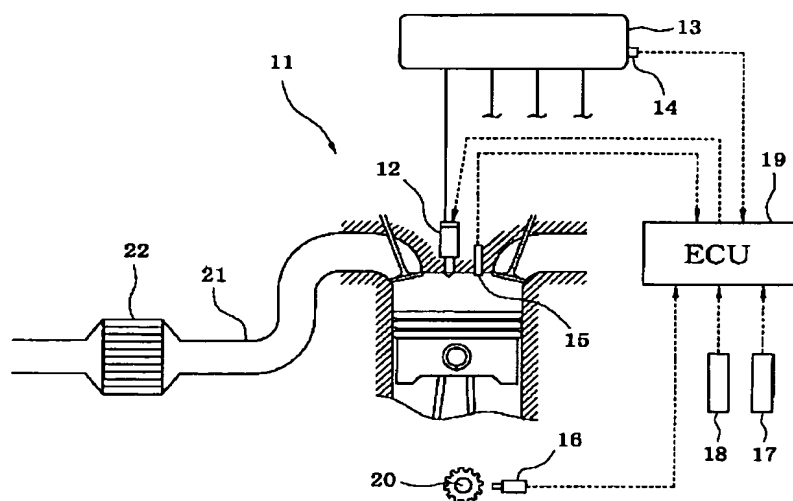




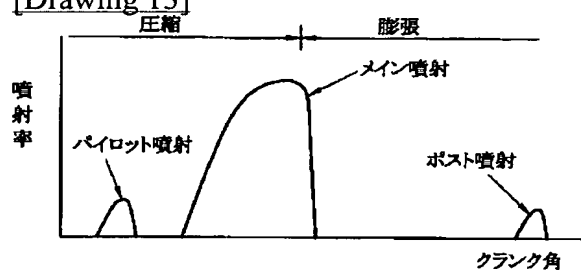
[Drawing 10]



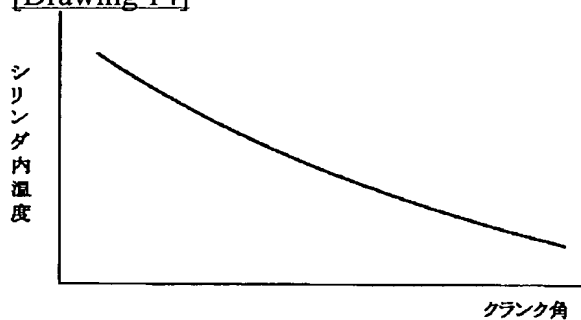
[Drawing 12]



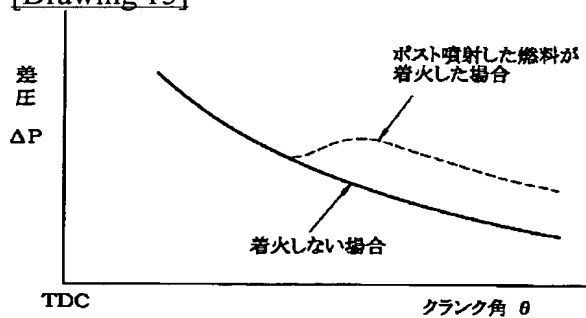
[Drawing 13]



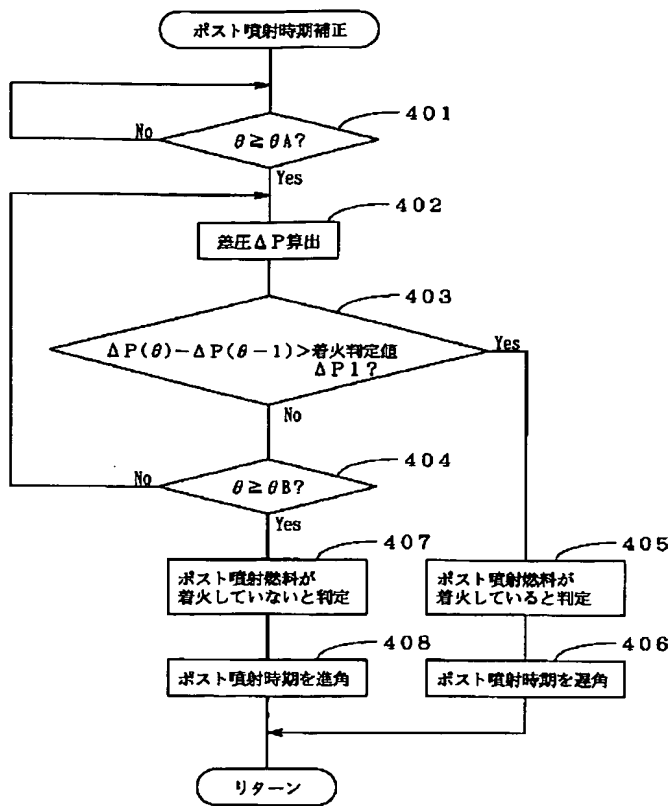
[Drawing 14]



[Drawing 15]



[Drawing 16]



[Translation done.]